Source : MNHN, Paris

MÉMOIRES

DU

MUSÉUM NATIONAL

D'HISTOIRE NATURELLE

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

Pn 260 C3

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

TABLE DES MATIÈRES

Pages

Fascicule 1.

S. Caillère et F. Kraut, Les gisements de fer du bassin lorrain.. 1-176

Fascicule 2.

R. Furon, Inventaire des minéraux et des roches de l'Afrique occidentale 177-292

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

Pr 260 C 9

MÉMOIRES

DU

MUSÉUM NATIONAL

D'HISTOIRE NATURELLE

Série C, Sciences de la Terre.

TOME IV

PARIS
ÉDITIONS DU MUSÉUM
36, rue Geoffroy-Saint-Hilaire (Ve)

1954

Source : MNHN, Paris

P. 260 C

MÉMOIRES

DU

MUSÉUM NATIONAL

D'HISTOIRE NATURELLE

NOUVELLE SÉRIE

Série C, Sciences de la Terre.

TOME IV.

FASCICULE 1.

Simonne CAILLÈRE et François KRAUT.

LES GISEMENTS DE FER DU BASSIN LORRAIN

Ouvrage publié avec le concours du
Centre National de la Recherche Scientifique

PARIS
ÉDITIONS DU MUSÉUM
36, rue Geoffroy-Saint-Hilaire (V^e^)

1954

Soc. C. MNHN Paris

Source : MNHN, Paris

Source: MNHN, Paris

P. 260

MÉMOIRES DU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
Série C. Sciences de la Terre. Tome IV, fascicule 1. — Pages 1 à 176.

LES GISEMENTS DE FER DU BASSIN LORRAIN

par

Mlle Simonne CAILLÈRE et M. François KRAUT.

INTRODUCTION.

Décrire le bassin ferrifère de Lorraine est une tâche difficile, non seulement par l'ampleur du sujet, mais aussi, et surtout, en raison de l'absence d'une collection représentant l'ensemble des gisements de cette vaste formation.

Dans son travail classique, L. CAYEUX a dû lui-même limiter à un nombre restreint de gisements son exposé, qui cependant n'a pas été égalé jusqu'à ce jour au point de vue du nombre des observations qui y sont consignées. Dans beaucoup de cas, il n'avait à sa disposition qu'un échantillonnage partiel des exploitations.

Nous nous sommes heurtés aux mêmes difficultés et notre mémoire donnera une image incomplète des formations ferrifères de l'Est de la France.

Nous avons recueilli nous-mêmes une partie des minerais étudiés. Quelques-uns ont été mis à notre disposition par M. le Professeur P. FALLOT, qui conserve dans son laboratoire du Collège de France la collection L. Cayeux.

L'Institut de Recherches de la Sidérurgie nous a confié l'étude d'un grand nombre d'échantillons.

Tous ces matériaux ont été étudiés avec les méthodes qui pouvaient être mises en œuvre au laboratoire de Minéralogie du Muséum.

Enfin, grâce à l'obligeance de l'I. R. S. I. D., nous avons pu examiner les lames minces de l'importante collection laissée par J. BICHELONNE.

Ouvrage publié avec le concours du Centre National de la Recherche scientifique.

Source : MNHN, Paris

Malgré toutes ces contributions, non seulement nous nous trouvons limités quant au nombre des gisements, mais certains d'entre eux ne sont qu'incomplètement décrits, de sorte que les résultats ont une valeur très inégale. Dans certains cas, nous avons pu faire une étude détaillée, tandis que dans d'autres nous avons dû nous contenter de l'examen microscopique.

Cependant, aucun ouvrage d'ensemble n'ayant été publié depuis les travaux de L. Cayeux [1] et de J. Bichelonne et P. Angot [2], il nous a paru intéressant de rassembler les observations faites au cours de plusieurs années et de développer les idées auxquelles elle nous ont conduits.

Une partie de ces résultats a été exposée dans plusieurs publications et beaucoup d'entre eux seront repris ici sans modification essentielle ; dans certains cas, toutefois, nos conceptions se sont modifiées et seront, de ce fait, présentées sous un jour nouveau.

Nous remercions tous ceux qui ont facilité nos recherches, tout spécialement M. le Professeur J. Orcel qui a suivi avec un intérêt constant nos travaux et nous a encouragés à rédiger ce mémoire.

Nous exprimons notre gratitude à M. le Professeur R. Heim, Directeur du Muséum et à MM. les Professeurs d'avoir bien voulu accepter la publication de ce travail dans les Mémoires du Muséum.

Le Centre National de la Recherche Scientifique nous a accordé une subvention pour illustrer cet ouvrage et nous tenons à exprimer ici nos remerciements à son Directeur, M. le Professeur Dupouy.

Nous sommes aussi particulièrement reconnaissants à M. le Professeur R. Jeannel et à M. E. Séguy, Sous-Directeur au Muséum, qui ont bien voulu surveiller, avec leur haute compétence, l'impression de ce travail.

Nous avons pu commencer nos recherches dans ce domaine grâce à l'obligeance de M. le Professeur P. Fallot, à qui nous devons nos premiers échantillons.

C'est surtout l'Institut de Recherches de la Sidérurgie qui nous a permis d'entreprendre ce travail, en nous facilitant la visite de mines et en nous confiant l'étude de nombreux échantillons, aussi voulons-nous remercier M. Malcor, Président du Conseil d'Administration, M. Delbart, Directeur, M. Henry, Ingénieur Conseil, et M. Coche, Directeur du Service Minerais de cet Institut. Nous adressons aussi des remerciements à M. de Torcy, Ingénieur Civil des Mines, qui a pris une part active dans la préparation des visites de mines et nous a accompagnés en plusieurs occasions, ainsi qu'à M. Maubeuge, géologue des Mines de fer de l'Est.

Un accueil très aimable nous a été réservé par MM. les Directeurs des Exploitations à qui nous devons des renseignements et une documentation très précieuse pour la poursuite de nos recherches.

Au Laboratoire, nous avons eu souvent des échanges de vues et

Source : MNHN, Paris

des discussions fort intéressantes avec notre ami M. S. HÉNIN, Directeur du Laboratoire des Sols au Centre Agronomique de Versailles, qui a contribué pour une part essentielle à l'étude des phyllites des minerais de fer ; nous lui exprimons nos remerciements les plus cordiaux.

La collaboration technique de M^me^ CHASSINAT et de M^me^ MASSARD, ainsi que celle de M. BRISON, M. DEROUAND et M. VIGNAL nous a été extrêmement utile et nous tenons à les remercier ici.

Avant d'aborder le sujet proprement dit de ce travail, qui est la description des gisements de fer de Lorraine, nous consacrerons quelques pages aux espèces minérales que l'on y rencontre et aux méthodes qui ont servi à leur identification.

Source : MNHN, Paris

CHAPITRE I.

LES MINÉRAUX. — LES MÉTHODES.

Nous ne donnerons pas une description détaillée des minéraux que l'on rencontre dans les gîtes de fer lorrains, nous nous contenterons de signaler les propriétés qui rendent possible leur identification dans ces formations.

Leur nombre est relativement limité. La plupart d'entre eux se sont déposés *in situ*, d'autres ont été apportés du continent par les eaux.

Les minéraux autochtones appartiennent principalement à cinq groupes :

1° Oxydes et hydroxydes ;
2° Sulfures ;
3° Carbonates ;
4° Silicates ;
5° Phosphates.

Quant aux éléments clastiques, qui proviennent de la désagrégation de roches, ce sont le quartz et quelques silicates.

1. — MINÉRAUX AUTOCHTONES.

1° Oxydes et hydroxydes.

Magnétite (Fe^3O^4).

La magnétite a été observée dans quelques gisements où la couche grise et, exceptionnellement la couche jaune, renferment des accidents magnétiques. Elle forme des cubes, plus rarement des octaèdres isolés ou réunis en agrégats compacts (fig. 10, 11 et 12, pl. III).

On la décèle par son action sur l'aiguille aimantée. En effet, lorsque la magnétite est présente dans un minerai, elle s'y trouve en générale en quantité notable.

En plaque mince, on identifie les cristaux grâce à leurs formes, à leur couleur noire et à leur grande opacité. Mais un diagnostic plus précis peut être fait en lumière réfléchie. Une coloration légèrement bronzée en lumière naturelle, un pouvoir réflecteur faible, 0,21 à 0,22 suivant les auteurs, et une isotropie entre nicols croisés, permettent une détermination immédiate, même dans les agrégats où n'apparait pas la forme des cristaux.

Remarque. — Alors que dans les minerais de fer oolithiques d'âge

Source : MNHN, Paris

primaire la magnétite est souvent anisotrope, dans les gisements lorrains, l'isotropie de cet oxyde est la règle absolue.

En ce qui concerne sa répartition, la magnétite se trouve dans les oolithes, dans la gangue, elle participe aussi à l'épigénie des organismes.

Hématite (Fe^2O^3).

L'hématite accompagne parfois la magnétite, elle se dépose soit en agrégats, soit en cristaux indépendants, mais la forme de ceux-ci n'est pas toujours facile à identifier de sorte qu'une détermination sûre en lumière transmise n'est pas possible. En section polie, on la reconnaît facilement par sa couleur blanche, son pouvoir réflecteur élevé, 0,26 à 0,28, et sa forte anisotropie entre nicols croisés. Généralement elle se présente en lamelles allongées ou en losanges très aigus (fig. 14, pl. III).

L'hématite cristallise dans les oolithes, dans la gangue et très rarement dans les organismes.

Goethite ($Fe^2O^3\ H^2O$).

Nous désignons sous le nom de goethite l'hydroxyde de fer $Fe^2O^3\ H^2O$, opaque et cristallin. Dans les minerais lorrains, on ne la trouve pas en cristaux automorphes. Elle se substitue parfois aux carbonates et affecte des formes qui ne lui sont pas propres (fig. 7, pl. II).

Généralement, elle se concentre dans les oolithes et remplace une partie importante des organismes ; dans la gangue, elle est plutôt rare. Quasi opaque en plaque mince, elle apparait semi-transparente, brun-rougeâtre, en lumière condensée. En section polie, le minéral est de couleur grise, son pouvoir réflecteur moyen est faible R = 0,16 à 0,17. Entre nicols croisés, il agit très faiblement sur la lumière polarisée et présente des tons gris violacés.

Remarque. — Nous avons abandonné le terme de limonite qui figure dans nos premières publications et nous le remplaçons par celui de goethite minéralogiquement plus précis.

Stilpnosidérite ($Fe^2O^3\ nH^2O$).

En dehors de la goethite, minéral cristallisé et de composition définie, il existe dans les minerais de fer oolithiques des gels ferriques plus ou moins hydratés auxquels nous réservons le nom de stilpnosidérite. Le caractère le plus spécifique de ces produits amorphes est leur isotropie. En lame mince, ils constituent des masses brun-rouge presque transparentes. En lumière réfléchie, d'un gris plus foncé que la goethite, ils montrent entre nicols croisés, des réflexions internes rouges.

Les oolithes sont le domaine principal de la stilpnosidérite. Elle remplace en partie les tissus calcaires des fossiles et imprègne très souvent les carbonates ou les silicates de la gangue.

Source : MNHN, Paris

2° Sulfures.

Les sulfures de fer, quoique très répandus, ne constituent que des éléments accessoires dans les minerais lorrains, on les trouve principalement aux niveaux inférieurs.

Pyrite (FeS^2).

La pyrite se présente exceptionnellement en cristaux bien formés. Plus souvent, on la trouve dans la gangue en minuscules globules ou en agrégats plus ou moins étendus. Partant de là elle envahit parfois les ovoïdes (fig. 21, pl. V). Les fossiles épigénisés par la pyrite ne sont pas rares.

On l'identifie en sections polies par sa couleur jaune paille, son pouvoir réflecteur élevé 0,49 à 0,54 et son isotropie. La pyrite est toujours en relief sur son entourage.

Marcasite (FeS^2).

En lumière réfléchie, la marcasite a une coloration légèrement plus blanche que la pyrite. Elle s'en distingue (fig. 19, pl. V) aisément par son anisotropie vive et souvent par le faciès fibreux de ses cristaux.

Les deux sulfures de fer jouent le même rôle dans les oolithes, dans les organismes et dans la gangue.

Galène (PbS).

On n'aura pas souvent l'occasion de reconnaitre la galène dans les minerais de fer oolithiques. Nous l'avons trouvée dans un fragment d'os de plésiosaure provenant du gîte de Moulaine où elle forme des cristaux de 1 mm de côté (fig. 20, pl. V).

Elle existe en outre dans quelques gisements à l'état d'inclusions microscopiques.

Rappelons que la galène, minéral blanc en lumière réfléchie, est isotrope et possède un pouvoir réflecteur élevé R = 0,44 à 0,46.

Blende (ZnS).

La blende très rare elle aussi, s'observe dans quelques gisements. Elle forme des agrégats microscopiques reconaissables grâce à leur isotropie et à leur pouvoir réflecteur R = 0,18, légèrement supérieur à celui des carbonates (fig. 22, pl. V).

Chalcopyrite ($CuFeS^2$).

Accompagnant la galène, la chalcopyrite a été reconnue en gouttelettes dans le tissu phosphaté du fossile de Moulaine et à Dœpschesgrund dans la couche grise. Moins répandue que dans les minerais oolithiques primaires, la chalcopyrite se rencontre dans les dépôts lorrains en inclusions visibles seulement au microscope. On l'identifie en lumière réfléchie par sa couleur jaune d'or et sa faible anisotropie entre nicols croisés.

Source : MNHN, Paris

Chalcocite (Cu^2S).

La chalcocite, minéral bleu peu biréfringent, dont R = 0,30 accompagne parfois la chalcopyrite dans certains minerais. On l'a trouvée, en particulier, dans des échantillons recueillis dans la couche grise de Dœpschesgrund.

3° Carbonates.

Il existe dans les minerais lorrains deux carbonates : calcite et sidérose, dont le rôle est très important. On trouve en effet l'un ou l'autre, et souvent les deux réunis, dans tous les gisements et à tous les niveaux.

Calcite (CO^3Ca).

Dans la plupart des cas, un échantillon de minerai fait avec l'acide chlorhydrique, à froid, une vive effervescence ; il renferme, en effet, du carbonate de calcium que l'on peut identifier en plaque mince, sous le microscope.

La calcite se dépose, en général, dans les espaces intercolithiques en agrégats grenus plus ou moins largement cristallisés. Ils montrent parfois les macles caractéristiques suivant les faces du rhomboèdre.

La plupart des organismes ont conservé leur nature calcaire de sorte que l'on trouve la calcite, au moins dans les fossiles, même si le minerai en est par ailleurs dépourvu.

Dans le bassin de Nancy, la calcite constitue des cristaux réguliers séparés par le silicate ou l'hydroxyde de la gangue(fig. 4, pl. II).

Sidérose (CO^3Fe).

Comme la calcite, la sidérose se dépose dans tous les gîtes principalement au dessous de la couche grise, ainsi que dans les intercalaires de tous les niveaux.

La gangue est son domaine préférentiel. Elle y forme soit des agrégats, soit des rhomboèdres allongés.

En plaques minces, ces cristaux apparaissent comme des losanges à contours légèrement lenticulaires. Le carbonate de fer entoure fréquemment les fragments de quartz. Il pénètre également dans les oolithes lorsque celles-ci sont silicatées, mais on ne le trouve qu'exceptionnellement dans les organismes.

Son identification n'est pas toujours facile, lorsqu'il s'associe à la calcite. On peut cependant le reconnaître par ses indices de réfraction élevés et par le faciès des cristaux.

4° Silicates.

On désigne généralement sous le terme collectif de « chlorite » les silicates verts qui jouent un grand rôle dans les minerais oolithiques secondaires, depuis la couche grise jusqu'à la couche verte et dans les intercalaires.

Source : MNHN, Paris

Des recherches récentes faites sur des silicates extraits d'un certain nombre de minerais montrent qu'il faut les rapporter en réalité à trois groupes.

Il s'agit soit de phyllites à 7 Å de type antigorite ferrifère, la berthiérine (c'est le cas d'Ottange et d'Hayange), soit de montmorillonite ferrifère : nontronite que l'on trouve à Angevillers, soit de pseudochlorites (chlorites gonflantes) connues à Auboué, Maron-Val-de-fer, Moulaine et Jarny.

L'identification de ces minéraux exige la mise en œuvre de techniques particulières, tout spécialement l'emploi des R.X. et des études chimiques. Les termes de phyllites et de silicates que l'on trouve dans la partie descriptive, n'auront pas toujours la même signification, la détermination précise de ces minéraux n'ayant été faite que dans quelques gisements.

En ce qui concerne les propriétés optiques, tous ces minéraux ont en commun une coloration verte plus ou moins brunâtre. Ils sont, en général, cryptocristallins, mais autour des oolithes, ils constituent souvent une auréole de lamelles à texture radiale (fig. 4, pl. I). Dans les ovoïdes, les lamelles se déposent suivant des zones concentriques. Ces silicates peuvent adsorber l'hydroxyde de fer et, dans ces conditions, leurs propriétés optiques deviennent inaccessibles à l'examen microscopique.

Les phyllites se déposent principalement dans la gangue. Elles forment les oolithes des couches inférieures et de certains intercalaires. Elles épigénisent aussi le tissu calcaire des organismes et se substituent parfois à la calcite des espaces interoolithiques.

5° Phosphates.

La détermination des minéraux phosphatés pose également un problème délicat qui ne sera pas résolu d'une façon satisfaisante tant qu'on ne les aura pas isolés. Actuellement, les propriétés optiques sont les seuls critères dont nous disposons pour les identifier.

Etant donnée la présence d'une grande quantité d'os fossiles, la plus grande partie du phosphore, mis en évidence par l'analyse chimique, se trouve, dans ces minerais, à l'état de phospho-carbonate de calcium. Effectivement, ces débris d'os possèdent souvent des indices élevés et une faible biréfringence. Ils s'éteignent suivant les fibres et ont un signe d'allongement négatif.

Dans le fragment d'os de plésiosaure de Moulaine (déjà signalé à propos de la galène), il a été possible de procéder à l'analyse chimique et à l'étude optique des tissus phosphatés. La dahlite, phosphocarbonate de calcium, a été ainsi identifiée (fig. 18, pl. IV).

Remarquons que les fibres de ce minéral sont optiquement tantôt positives, tantôt négatives.

D'autre part, nous avons observé sous le microscope, dans tes échantillons de la couche grise du même gisement, des cristaux bien formés de francolite, fluophosphocarbonate de calcium. Ce minéral

Source : MNHN, Paris

uniaxe, de signe optique négatif, se présente en lames minces, en hexagones divisés en six secteurs. Il est faiblement biréfringent, avec des indices de réfractions voisins de 1,62 (fig. 15, pl. IV).

Il existe aussi, dans la gangue de nombreux minerais, des agrégats de phosphates anisotropes, mais l'exiguité des cristaux rend impossible leur détermination précise.

En dehors de ces espèces bien cristallisées, on trouve des concrétions phosphatées, amorphes ou cryptocristallines. Certaines de celles-ci rappellent, par leur structure zonée, la quercyite (fig. 17, pl. IV).

II. — MINÉRAUX CLASTIQUES.

Quartz (SiO^2).

Parmi les minéraux clastiques, le quartz est, de beaucoup, le plus important.

Nous n'avons observé que très rarement et en quantité infime de la silice formée *in situ*. Pratiquement, tout le quartz des minerais d'âge secondaire, est d'origine détritique. Il s'agit de fragments anguleux, ou arrondis lorsque les grains sont corrodés par la sidérose. Il n'est pas rare de trouver dans ces débris, des inclusions liquides, et, parfois, des minéraux cristallisés : tourmaline (fig. 1, pl. I), et rutile.

Le quartz est généralement serti dans le ciment et forme souvent aussi le noyau des oolithes.

Micas.

Le mica est très répandu dans les intercalaires et on le trouve fréquemment dans les couches minéralisées. C'est un mica blanc, muscovite ou illite, qui se présente en lamelles de taille variable. Celles-ci s'orientent généralement suivant la stratification de la roche.

Feldspaths.

On rencontre souvent, mais toujours en faible quantité, des feldspaths potassiques (microcline — fig. 9, pl. II — orthose) ou des plagioclases en petits fragments anguleux.

Tourmaline et zircon.

La tourmaline et le zircon ne sont pas rares, on en observe des débris accompagnant les autres éléments clastiques.

III. — REMARQUES SUR LES MÉTHODES UTILISÉES.

Examen microscopique.

C'est à l'examen microscopique que nous devons les observations formant la base de ce travail. Les minerais ont été étudiés en plaques minces et en sections polies.

La plupart des constituants des minerais de fer sont transparents

Source : MNHN, Paris

et peuvent être identifiés en plaques minces, mais la détermination des minéraux opaques, oxydes, hydroxydes et sulfures, ne peut être faite sans le secours de la lumière polarisée réfléchie.

C'est surtout lorsque plusieurs minéraux opaques se trouvent associés que la méthode devient indispensable. Il n'est guère possible de distinguer par exemple les cristallites d'hématite dans la goethite sans recourir à l'examen microscopique en sections polies.

Etude thermique différentielle.

Comme nous l'avons vu, nous avons affaire principalement à des minéraux appartenant à trois groupes, hydroxydes, carbonates et silicates, qui tous subissent, sous l'action de la chaleur, des modifications.

Les températures auxquelles se produisent ces phénomènes sont caractéristiques de l'espèce et peuvent servir comme moyen d'identification.

Parmi les phénomènes accompagnés par une absorption de chaleur, nous envisagerons les départs d'eau et les dissociations de l'édifice cristallin. Le processus de recristallisation qui se produit avec un dégagement calorifique retiendra également notre attention.

Phénomènes accompagnés par une absorption de chaleur.

1° *Départs d'eau.*

L'eau peut jouer dans les minéraux trois rôles différents :

a) être liée au réseau cristallin : eau de constitution ;

b) se fixer dans les lacunes de l'édifice : eau zéolithique ;

c) se trouver adsorbée à la surface des particules : eau hygroscopique.

Ces trois catégories s'échappent au cours du chauffage à diverses températures que l'analyse thermique permet d'enregistrer.

L'eau hygroscopique, faiblement liée, se dégage au-dessous de 150°.

L'eau zéolithique quitte les lacunes du réseau à des températures un peu plus élevées.

Enfin, le départ de l'eau de constitution s'effectue à plus haute température.

2° *Dissociation.*

L'effondrement du réseau cristallin peut être provoqué par le départ d'éléments autres que l'eau par exemple le gaz carbonique.

Phénomènes accompagnés par un dégagement thermique.

Alors que les modifications envisagées jusqu'à présent correspondent à la destruction plus ou moins complète de l'édifice cristallin,

Source : MNHN, Paris

nous avons ici un phénomène de caractère constructif dont le résultat est la formation d'un nouveau réseau.

Dispositif différentiel Saladin - Le Châtelier.

On met dans deux godets voisins, placés dans une région isotherme d'un four, dont on élève progressivement la température, une substance témoin ne subissant aucune modification au cours de l'échauffement et un poids égal de produit à étudier.

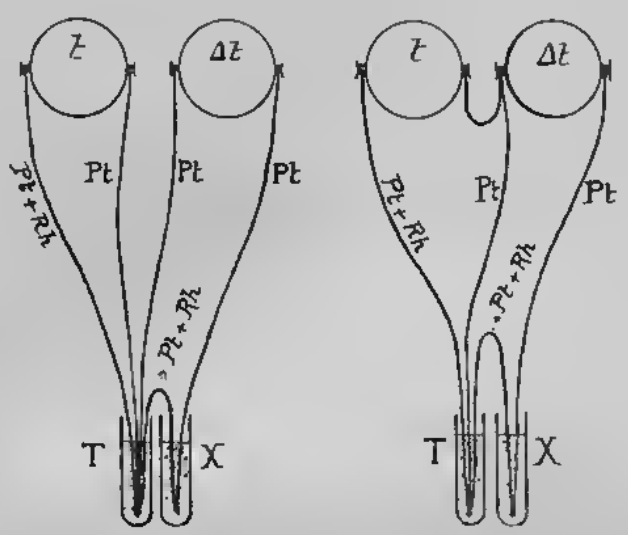


Fig. 1. — Schéma de montage des couples dans l'appareil différentiel de Saladin-Le Chatelier.

L'une des soudures d'un couple différentiel platine - platine rhodié à 10 % plonge dans le témoin, l'autre dans le produit à examiner. Les extrémités de ce couple sont reliées à un galvanomètre différentiel très sensible. Toute transformation accompagnée d'un phénomène endo ou exothermique produit un courant qui fait dévier le galvanomètre différentiel. La température est donnée par un autre couple platine - platine rhodié plongeant dans le témoin et relié à un second galvanomètre (fig. 1).

Un dispositif optique (prisme de Lissajoux) combine les indications des deux galvanomètres, on enregistre automatiquement une courbe des différences de températures en fonction de la température. Celle-ci comporte des crochets dirigés vers le haut ou vers le bas, selon que les modifications du corps sont exo ou endothermiques.

Application à l'étude des minerais de fer [3].

1° *Hydroxydes de fer.*

Les oxydes, hématite et magnétite, ne subissant au cours du chauffage aucune transformation enregistrée par le dispositif ther-

Source : MNHN, Paris

mique différentiel, nous n'envisagerons que les hydrates de fer. Dans les minerais oolithiques, les hydrates de fer se présentent à l'état colloïdal : la stilpnosidérite et sous forme cristallisée : la goethite.

Stilpnosidérite :

Ce minéral ne possède pas de propriétés optiques caractéristiques, il est souvent dispersé soit dans le milieu carbonaté, soit dans le silicate et, dans ce cas, sa présence même ne peut être décelée par l'étude microscopique, tant en plaques minces qu'en sections polies.

La courbe thermique la met en évidence par un crochet endothermique vers 100°.

Goethite :

L'identification de la goethite en lumière réfléchie est relativement aisée à condition qu'elle ne soit pas associée à la stilpnosidérite. Or, très fréquemment, les deux minerais forment des mélanges intimes et les propriétés optiques du produit cristallisé sont masquées par le colloïde.

L'analyse thermique indique la présence de l'hydroxyde cristallisé par un crochet endothermique vers 350°. La méthode est très sensible pour l'identification de ce minéral, le crochet de départ d'eau étant important avec le produit pur. Elle permettra donc de déceler même de petites quantités de goethite.

2° *Carbonates.*

On reconnaît facilement au microscope, en lumière transmise, les carbonates, mais on rencontre de sérieuses difficultés lorsqu'on veut préciser à quel minéral de ce groupe on a affaire. Les minerais de fer renferment couramment de la calcite et de la sidérose. Les caractères distinctifs de ces deux constituants n'apparaissent pas dans beaucoup de cas, étant donnée la présence à l'état dispersé de certains produits, notamment des hydroxydes de fer.

L'analyse thermique peut être appliquée d'une manière fructueuse à l'étude des carbonates. En effet, alors que la sidérose se dissocie vers 550°, la calcite se décompose seulement vers 850°.

3° *Les silicates* [4].

Comme nous l'avons indiqué dans le chapitre précédent, la détermination précise des silicates des minerais de fer n'est possible que lorsqu'on est arrivé à les isoler par une technique appropriée.

Même dans ce cas, l'analyse thermique ne permet pas de les distinguer ; tous ces minéraux se déshydratant vers 550°.

Nous avons vu d'autre part, que la sidérose se dissocie à la même température. Donc un crochet endothermique vers 550° indique soit un silicate, soit le carbonate de fer, soit l'association de ces deux minéraux.

Cependant l'expérience montre que le carbonate et les silicates

Source : MNHN, Paris

ferreux se trouvent, dans la grande majorité des cas, associés dans les minerais de fer oolithiques. Par conséquent, la présence et l'ampleur des accidents vers 550° donnent une indication précieuse sur la composition de l'échantillon.

Dans certains cas particuliers, cet accident peut prendre une signification précise. On pourra déceler la sidérose dans un agrégat carbonaté très imprégné d'hydroxyde de fer.

Etude thermopondérale.

Si l'analyse thermique différentielle, en indiquant les températures auxquelles se produisent les modifications caractéristiques d'une espèce minérale, facilite son identification, il existe une autre méthode, plus récente, qui donne une idée assez précise de son importance quantitative dans un mélange. Il s'agit de l'application de la thermobalance Chèvenard dont nous rappelons brièvement les caractéristiques essentielles.

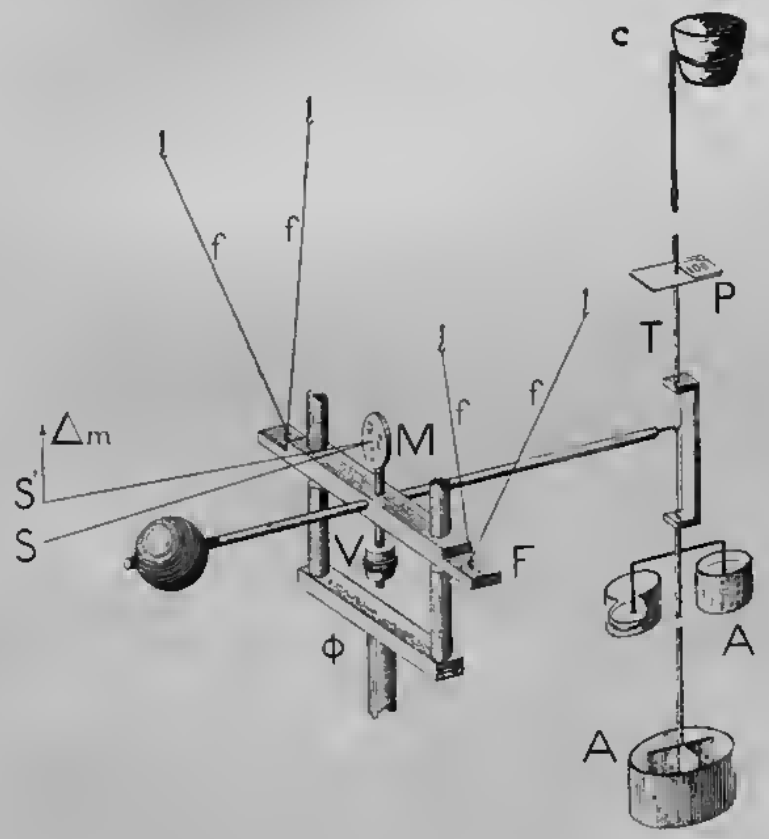


Fig. 2. — Schéma de la thermobalance Chèvenard.

L'appareil est composé d'une balance à deux bras de fléau inégaux. Au bout du petit bras se trouve placé un contre-poids mobile sur une

Source : MNHN, Paris

tige filetée. L'autre soutient une hampe à la partie supérieure de laquelle on dispose, dans une coupelle, la poudre de l'échantillon à étudier. Cette coupelle pénètre librement à l'intérieur d'un four électrique. Des amortisseurs assurent une apériodicité complète de la balance. Toute variation de masse fait incliner le fléau auquel est fixé un miroir concave. L'image d'un faisceau lumineux envoyée sur ce miroir est recueillie sur le papier photographique enroulé autour d'un tambour mu par un mécanisme d'horlogerie (fig. 2).

Lors de l'inclinaison du miroir, l'image lumineuse subit un déplacement vertical proportionnel à la variation de poids. On enregistre une courbe donnant les variations de poids en fonction du temps.

Pendant le chauffage, la marche de la température est notée sur le diagramme par des tirets inscrits le long de la courbe à des températures connues. On a ainsi la possibilité de suivre à l'aide du diagramme la variation de poids de l'échantillon avec la température.

Application à l'étude des minerais de fer.

Parmi les minéraux qui nous intéressent, certains ont une composition bien définie, c'est le cas des carbonates et de la goethite.

Connaissant le poids de CO_2 dégagé, il est possible de calculer la quantité de calcite ou de sidérose présente dans un échantillon.

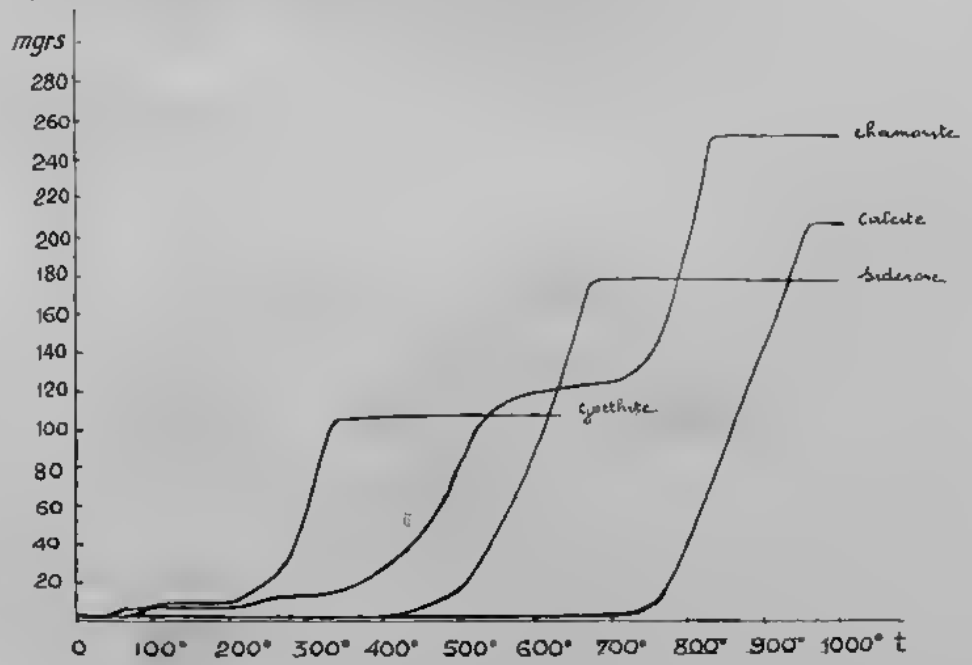


Fig. 3. — Courbes thermopondérales de quelques minéraux des minerais de fer.

De même, l'eau dégagée par la goethite indique la part qu'elle prend dans la constitution du minerai étudié. Cependant, la sidérose

Source : MNHN, Paris

se dissocie simultanément avec la déshydratation des silicates dont la composition n'est pas connue dans la plupart des cas. Nous voyons que la méthode a pour nous les mêmes limites que l'analyse thermique différentielle.

Toutefois, la possibilité de déterminer quantitativement la calcite et la goethite offre un grand intérêt. On peut également se faire une idée de la quantité de gels d'hydroxydes en admettant pour la stilpnosidérite la formule approximative Fe^2O^3 $3H^2O$ que nous utiliserons pour le calcul de la composition virtuelle. Nous donnons dans la figure 3 les courbes de référence obtenues avec des minéraux que l'on rencontre souvent dans les minerais oolithiques, goethite, carbonates de fer et de calcium et, comme exemple du groupe des silicates, la « chamosite » (la berthiérine d'Hayange) relativement pure.

La courbe de la goethite d'Alban le Fraysse (Tarn), prise d'essai 1 g, met en évidence une perte de poids de 1,20 p. 100 entre 50 et 200°, correspondant au départ de l'eau hygroscopique. A partir de 230°, se produit la déshydratation du minéral qui se poursuit jusqu'à 300° et entraîne une diminution de poids de 10 p. 100.

La dissociation de la sidérose (Gard), prise d'essai 0,5 g, débute à 450° et s'achève vers 700°. Elle est accompagnée par une perte de poids de 37 p. 100, ce chiffre concorde d'une façon satisfaisante avec la teneur théorique en CO_2 de la sidérose (37, 9 p. 100).

La calcite de Joplin, prise d'essai 0,5 g, commence à se décomposer à 660°. A 960°, le dégagement de CO_2 est terminé. Pendant la dissociation, l'échantillon subit une perte de 43,6 p. 100 de son poids très voisine de la teneur théorique de la calcite qui est 44 p. 100.

Enfin, la berthiérine d'Hayange donne une courbe mettant en évidence un dégagement d'eau de constitution qui débute à 350° et représente 16 p. 100 de la prise d'essai. Remarquons que l'échantillon renferme 8 p. 100 de calcite mise en évidence par l'accident à 660°. Comme la berthiérine renferme environ 20 p. 100 d'eau, on peut évaluer à 80 p. 100 la quantité de silicate dans l'échantillon.

Emploi des rayons X.

L'analyse cristallographique à l'aide des rayons X a été utilisée pour la détermination des silicate. Dans un certain nombre de cas, des diagrammes de plaquettes avec les minéraux phylliteux isolés de la masse ont été réalisés, ce qui a permis leur identification.

Source : MNHN, Paris

ÉTUDE RÉGIONALE

On chercherait en vain une division géographique précise et identique dans les ouvrages consacrés aux gisements lorrains.

Nous avons suivi, dans ses grandes lignes, en la simplifiant, la division adoptée par J. BICHELONNE et P. ANGOT.

Nous distinguerons deux régions principales :

I. — Région de Longwy-Briey ;

II. — Région de Nancy.

Source : MNHN, Paris

CHAPITRE II.

STRUCTURE LITHOLOGIQUE DE LA RÉGION LONGWY-BRIEY.

Couches minéralisées et intercalaires.

A. — COUCHES MINÉRALISÉES.

La formation ferrifére de Lorraine comporte six horizons minéralisés : les couches rouge, jaune, grise, brune, noire et verte.

Dans la partie réservée à l'étude régionale, elles apparaîtront avec une grande diversité. Cependant, on peut caractériser chacune d'elles par des associations minérales et définir ainsi des couches schématiques. Il suffira, par la suite, au cours de la description des gisements, de souligner les particularités qui différencient la formation étudiée de la couche type.

Nous traiterons à part le bassin de Nancy séparé de la région Longwy-Briey par une zone stérile. Les trois couches supérieures, moyenne et inférieure que l'on y distingue n'ont pas leur équivalent dans la partie principale de la formation.

Dans un minerai qui s'est élaboré dans des conditions idéales, les constituants sont nettement séparés. Par exemple, d'une façon générale, l'hydroxyde de fer se concentre dans les oolithes tandis que les silicates et les carbonates occupent des aires bien définies dans le ciment. Or, ce n'est pas toujours le cas et nous verrons de nombreux exemples où une partie de l'hydroxyde reste dans la gangue.

En dehors des minéraux formés in situ, presque tous les minerais renferment des éléments détritiques qui étaient en place dés le début de la sédimentation. Par conséquent, leur présence a influencé l'évolution du dépôt.

En effet, dans un espace encombré d'obstacles le développement d'un phénomène est toujours laborieux. La quantité des fragments clastiques a donc une importance considérable.

Les fossiles perturbent, eux aussi, l'élaboration de la structure oolithique surtout quand ils deviennent très nombreux.

Certains ont conservé leur nature calcaire initiale alors qu'un

Source : MNHN, Paris

nombre plus ou moins grand d'entre eux ont été épigénisés au cours de la sédimentation. Nous allons montrer que tous les minéraux formés *in situ* sont sussceptibles de remplacer le tissu calcaire de ces organismes ; c'est-à-dire les fossiles résument en quelque sorte la composition minéralogique d'un minerai.

La couche rouge.

Quel que soit le prélèvement, les oolithes ont toujours la même composition. Elles sont constituées par les hydroxydes de fer. La zone corticale est le plus souvent en stilpnosidérite, quoique la goethite y cristallise en couches concentriques ou forme parfois toute l'enveloppe. Le plus souvent, les oolithes se développent autour d'un débris de fossile épigénisé par la goethite ; plus rarement, elles ont comme noyau un grain de quartz ou encore un fragment de la gangue.

Le ciment est sans exception essentiellement calcaire, plus ou moins pur, mais dans la plupart des gisements le silicate est présent dans les espaces interoolithiques. En ce qui concerne sa répartition, on peut distinguer deux cas.

Dans certains minerais il se concentre autour des oolithes, les isolant de la gangue calcaire ; plus fréquemment la séparation est moins complète et le silicate est disséminé dans la masse carbonatée. Il est rare que la phyllite apparaisse avec la coloration verte qui lui est propre dans les couches moyennes et inférieures. Presque toujours elle est imprégnée de produits ferrugineux et parfois le ciment devient franchement rouge.

Les courbes thermiques ne montrent jamais les crochets caractéristiques des silicates, le rôle de ces minéraux étant toujours très accessoire dans la couche rouge.

Cet horizon est assez fossilifère. Certains organismes sont restés calcaires ; dans d'autres l'hydroxyde amorphe ou la goethite remplacent en partie ou totalement le carbonate initial. On trouve dans les minerais des débris d'os qui ont conservé leur nature phosphatée. Parmi les minéraux clastiques, le quartz est le plus abondant. Il existe pratiquement dans tous les minerais mais inégalement réparti. Lorsqu'il s'accumule en grande quantité, le ciment devient très ferrugineux. Outre le quartz, on observe accessoirement le mica détritique, les feldspaths orthose et plagioclase et parfois le zircon.

Nous ne considérons pas comme d'origine étrangère les fragments complexes groupant quelques ovoïdes et organismes sertis dans un ciment de goetithe. Nous discuterons ailleurs les conditions possibles de leur formation.

La couche jaune.

Nous avons étudié la couche jaune dans 34 gisements. On peut dire d'une façon générale qu'elle est plus hétérogène que la couche rouge.

Source : MNHN, Paris

Les oolithes ferrugineuses ont pour noyau un fragment de quartz ou un débris d'organisme épigénisé par la goethite. La nature de la gangue est variable. La calcite domine encore dans les espaces interolithiques, mais le silicate qui l'accompagne prend une place plus importante que dans la couche rouge. Il est moins coloré par les produits ferrugineux et dans certains gisements on trouve une gangue rappelant la couche grise.

La sidérose, très accessoire dans la couche rouge, n'est pas rare dans ce niveau et dans quelques cas elle devient un constituant essentiel. Elle forme des cristaux isolés lenticulaires dans les parties silicatées ou voisine avec la calcite en agrégats grenus largement développés.

Les organismes sont encore en grande partie calcaires ou ferrugineux, mais on observe, de temps en temps, des fossiles silicatés et des débris d'os phosphatés.

Le quartz clastique, toujours intact dans la couche rouge, est parfois corrodé dans ce niveau par la sidérose de la gangue.

En résumé, la couche jaune, par sa composition minéralogique, représente encore en grande partie un niveau ferrique et calcaire, mais la présence de la sidérose et de la phyllite en fait déjà le début de la zone silicatée et ferreuse.

La couche grise.

Nous avons vu que les couches rouge et jaune ont une composition assez voisine. Avec la couche grise on entre dans une zone où le rôle des silicates ferreux et de la sidérose devient prépondérant.

Il existe incontestablement un faciès couche grise qui se retrouve dans la plupart des gisements ; cependant, la couche est loin d'être homogène et en décrivant les gisements, en détails, nous aurons à signaler la coexistence de plusieurs catégories de minerais dans les 47 prélèvements étudiés.

Dans le minerai type, les constituants sont bien séparés dans la gangue et, au point de vue de leur composition, oolithes et ciment représentent deux domaines nettement différents.

Il est difficile de se faire une idée exacte de la nature minéralogique des ovoïdes, car ils ne sont pas entièrement formés de minéraux cristallisés à l'échelle du microscope.

En lumière réfléchie, on reconnaît bien la goethite dans la zone corticale, mais plus rarement et en quantité moindre que dans les couches supérieures. En plaque mince, les oolithes apparaissent comme des concrétions de couleur rougeâtre, mais avec un fort grossissement on arrive à reconnaître leur structure phylliteuse. On peut donc dire qu'elles sont à la fois silicatées et ferrugineuses. Dans la plupart des cas, elles se sont développées autour d'un fossile épigénisé par la goethite ou bien elles ont pour noyau soit un fragment de quartz, soit un débris de gangue.

C'est la composition du ciment qui donne son caractère à la

Source : MNHN, Paris

couche grise et qui la différencie nettement des horizons supérieurs. La calcite a disparu, ou tout au moins est en forte régression, par contre, le silicate vert et la sidérose accidentels dans les niveaux supérieurs, prennent ici un développement considérable. D'une façon générale, la phyllite est en contact avec les oolithes tandis que la sidérose se dépose plus loin d'elle ; même lorsqu'un ovoïde se trouve englobé par le carbonate, au moins un liseré de « silicate » le sépare de la sidérose.

Au point de vue structural, le silicate présente plusieurs aspects et se dépose de différentes manières par rapport aux ovoïdes. Très souvent il forme un fond homogène cryptocristallin d'une continuité quasi parfaite ; ailleurs, les oolithes sont entourées par une auréole composée de lamelles vertes assez biréfringentes déposées radialement. Cette couronne se détache sur un fond de coloration plus pâle et totalement indifférenciée. Autour des fragments et des organismes les silicates présentent cette même structure.

Il est rare que la sidérose entoure directement les oolithes et nous avons vu, plus haut, qu'un liseré de silicate l'en sépare. Ce liseré suit exactement les contours de l'ovoïde et fait corps avec lui. Il est délimité vers l'extérieur, au contact du carbonate, de sorte que la sidérose forme dans les espaces interoolithiques des îlots limités par des courbes concaves. Dans beaucoup de cas, on observe un liseré double, le premier franchement vert, le second, plus près du carbonate, plus ou moins brunâtre. En dehors des îlots curvilignes qui complètent le remplissage des espaces interoolithiques, on trouve la sidérose en agrégats grenus et en cristaux isolés. Elle se dépose aussi presque toujours autour des fragments de quartz, en exerçant sur eux une certaine corrosion. Comme dans les couches rouge et jaune, une partie des organismes sont restés calcaires ou ferrugineux, mais dans beaucoup d'entre eux le silicate remplace le tissu initial.

Parmi les faciès aberrants, on trouvera souvent des accidents calcaires dont la composition et la structure rappellent la couche rouge. Il existe également des minerais où la sidérose prédomine nettement dans la gangue.

La couche brune.

La couche brune, dont nous avons examiné 13 échantillons, n'a pas de physionomie particulière, quoique sa composition, par rapport à la couche grise, marque un changement notable. Il ne s'agit plus d'un horizon essentiellement silicaté riche en sidérose.

Les oolithes sont très ferrugineuses et dans certains gisements on retrouve une gangue calcaire rappelant la couche rouge. Ailleurs, les espaces interoolithiques sont occupés par l'assemblage hétérogène d'un silicate plus ou moins ferrugineux et des deux carbonates.

Alors que dans la couche grise le quartz est corrodé par le carbonate de fer, il est ici généralement intact. Ajoutons que les fossiles sont calcaires et ferrugineux, on n'observe que rarement des organismes silicatés.

Source : MNHN, Paris

En résumé, on constate à ce niveau une certaine récurrence du milieu oxydé calcaire et ferrugineux. La présence de la calcite dans la gangue, le faciès du quartz et la richesse en hydroxyde font réapparaître les caractères des niveaux supérieurs.

La couche noire.

Avec la couche noire nous retrouvons un dépôt silicaté où la calcite est à nouveau en régression et devient même accessoire dans la plupart des gisements. Le minerai prend le plus souvent un faciès couche grise. Cependant, les oolithes sont plus franchement silicatées que dans la couche grise et ont parfois une coloration vert brunâtre. Elles sont pour la plupart déformées et mal conservées. Au centre, le silicate se présente souvent comme une masse cryptocristalline, tandis que dans l'enveloppe il montre une structure lamellaire concentrique. Souvent un débris de quartz corrodé ou un fragment de gangue sert de noyau.

En général, l'oolithe est entourée par une bande de silicate ferrugineux suivie ou non d'une auréole de phyllite radiale. Plus loin se dépose, dans les espaces interoolithiques, la sidérose en agrégats. Telle est la régle générale, mais le carbonate de fer s'interpose souvent entre la gangue et les oolithes qui sont alors en partie envahies par lui.

Le quartz clastique a subi une corrosion profonde et apparaît englobé par la sidérose et la phyllite.

Les organismes sont en majeure partie calcaires, mais on en voit aussi de ferrugineux, de silicatés et de phosphatés.

La couche verte.

Après les couches brune et noire dépourvues de caractère bien particulier, nous arrivons, avec la couche verte, à un niveau qui montre dans les 21 gisements étudiés une constance remarquable de composition.

Oolithes et gangue sont phylliteuses.

Dans les oolithes le silicate présente deux aspects. En général dans la partie centrale il est isotrope ou faiblement biréfringent, légèrement teinté en brun par l'hydroxyde de fer colloïdal. Une zone plus ou moins large l'entoure, formée par des lamelles disposées en couches concentriques qui agissent nettement sur la lumière polarisée.

Dans la gangue, le silicate est d'un vert franc, faiblement biréfringent comme celui de la partie centrale des ovoïdes. Entre nicols croisés les ovoïdes se détachent sur le ciment grâce à leur plus forte anisotropie.

La sidérose se dépose en îlots dans les espaces interoolithiques, elle entoure les fragments de quartz qu'elle corrode. Enfin, elle forme des cristaux isolés dans la phyllite.

Les oolithes sont extrêmement déformées, laminées, voire même réduites en lambeaux, dans lesquels on peut encore observer la struc-

Source : MNHN, Paris

ture concentrique et la coloration brunâtre de l'ovoïde initial. La sidérose envahit souvent les oolithes qui sont alors moins déformées que les autres. Exceptionnellement la calcite accompagne la sidérose de la gangue.

L'hydroxyde de fer cristallisé fait défaut, par contre la pyrite et la marcasite se déposent dans la couche verte de tous les gisements.

Les organismes restent calcaires ou montrent l'association de la calcite avec « la chlorite » et le sulfure de fer. On observe aussi des débris phosphatés.

En résumé, on constate que les niveaux supérieurs sont caractérisés par l'abondance des hydroxydes de fer et de la calcite. Dans les couches inférieures prédominent les silicates et la sidérose, tandis que dans la zone moyenne coexistent les deux carbonates, les silicates et les hydroxydes de fer.

B. — INTERCALAIRES (*).

Les couches minéralisées, dont on vient de résumer brièvement la structure et la composition, ne sont pas en contact direct. En général elles sont séparées par des « intercalaires » ou « stériles » ; ce nom indique déjà qu'ils sont relativement pauvres en fer et qu'ils constituent une anomalie dans l'ensemble du bassin. Par contre, ils sont riches en éléments clastiques et renferment peu d'oolithes.

On peut les ramener à six types :

1°) *Faciès à oolithes ferrugineuses et gangue calcaire.*

C'est le moins caractéristique des intercalaires, seul le nombre restreint des oolithes le distingue de la couche rouge. Il se place d'ailleurs le plus souvent, au-dessus ou au-dessous de celle-ci. La gangue calcaire très pure englobe généralement des fragments tantôt ferrugineux oolithiques, tantôt quartzeux.

2°) *Faciès à oolithes ferrugineuses et gangue complexe.*

Ce faciès, le plus fréquent, existe à presque tous les niveaux. Les oolithes sont serties dans une gangue formée par la phyllite plus ou moins imprégnée de produits ferrugineux et par les carbonates de fer et de calcium. La sidérose se dépose en cristaux isolés dans le silicate.

3°) *Faciès à oolithes silicatées et gangue calcaire.*

Dans une quarantaine de gisements nous n'avons trouvé que cinq fois ce faciès. Il présente un grand intérêt car il diffère des couches qu'il sépare par la nature silicatée de ses oolithes. La calcite prédo-

(*) S. Caillère et F. Kraut, C. R. 78e Congrès Soc. Sav., Toulouse, 1953, p. 197-201.

Source : MNHN, Paris

mine dans la gangue où se dépose localement un silicate vert et la sidérose. Celle-ci attaque et envahit les oolithes.

4°) *Faciès à oolithes silicatées et gangue mixte.*

Dans ce faciès, beaucoup plus répandu que le précédent, une gangue complexe relie des oolithes silicatées. Les espaces interoolithiques sont occupés, en effet, par l'association de la phyllite et des deux carbonates. La sidérode cristallise souvent dans les oolithes qui sont en partie remplacées par elle.

5°) *Faciès à oolithes calcaires.*

C'est dans trois gisements seulement que nous avons trouvé des dépôts à oolithes calcaires. Elles sont accompagnées par quelques ovoïdes ferrugineux généralement de plus petite taille. La calcite, seule ou accompagnée par le silicate, constitue la gangue. Ajoutons que dans aucune des couches minéralisées nous n'avons trouvé d'oolithes calcaires.

6°) *Faciès gréseux.*

Les oolithes font défaut ou il n'en subsiste que quelques-unes dans ces roches pratiquement dépourvues d'hydroxyde de fer. Le quartz clastique est le constituant principal, cimenté par une gangue silicatée et carbonatée.

Quoique cette description soit très brève, si l'on tient compte de l'importance des intercalaires dans le bassin et du nombre de prélèvements pris en considération (108 dans 38 gisements), elle paraîtra peut-être encombrée de détails et il sera difficile au lecteur de dégager les traits principaux qui leur sont communs. Parmi ceux-ci les plus frappants sont l'abondance des éléments clastiques allant parfois de pair avec une accumulation exceptionnelle de fossiles et certains caractères structuraux.

Alors que dans les couches elles-mêmes les constituants sont bien séparés, occupant chacun des aires à limites continues, dans les intercalaires, ils ne montrent pas un agencement aussi ordonné et forment, au contraire, une sorte de mosaïque à petits éléments.

D'une façon générale, les oolithes sont moins nombreuses que dans les niveaux minéralisés et disparaissent même totalement dans certains cas.

Intercalaires des bassins de Longwy, d'Ottange et de l'Orne.

Dépôts au-dessus de la couche rouge.

Par définition un intercalaire se place entre deux couches minéralisées, néanmoins nous tiendrons compte des formations recouvrant la couche rouge. Elles sont en effet différentes du niveau sous-jacent.

On les a désignées par des termes tels que : calcaires, marnes et

Source : MNHN, Paris

grès. En réalité, leur composition minéralogique ne justifie pas ces dénominations. Les calcaires renferment un certain nombre d'oolithes ferrugineuses. C'est aussi le cas de la plupart des marnes dont la gangue, d'ailleurs, n'est pas toujours très calcaire, certaines d'entre elles constituent de véritables grès.

Parmi ces roches, le faciès à oolithes ferrugineuses et ciment calcaire prédomine mais le type ferrugineux à ciment mixte est presque aussi répandu.

Dans le bassin d'Ottange les formations gréseuses jouent un rôle considérable, elles manquent dans les deux autres.

Enfin on rencontre, mais plus rarement, les variétés à oolithes silicatées ou carbonatées.

Si on compare ces différents stériles avec la couche rouge des trois bassins, on constate que le premier en est très voisin par sa composition tandis que les autres représentent, par rapport à elle, une différence fondamentale. Cependant, le contraste est moindre dans quelques gisements où le niveau sous-jacent a lui-même une composition aberrante.

Par exemple à Villerupt, dans le bassin de Longwy, un intercalaire à oolithes ferrugineuses et ciment mixte recouvre une couche rouge dont le ciment renferme une quantité notable de phyllite et de sidérose. Il en est de même à Roncourt, dans le bassin de l'Orne.

Intercalaire entre les couches rouge et jaune.

Nous avons étudié ces intercalaires dans quinze gisements. Les noms par lesquels ils sont désignés : bough, calcaires ou marnes n'ont aucune signification spécifique. Toutefois, les bough appartiennent presque tous à la vérité à oolithes ferrugineuses et gangue mixte, faciès le plus répandu, on le trouve dans 60 % des prélèvements.

Par conséquent, les intercalaires de ce niveau se rapprochent davantage de la couche jaune assez silicatée que de la couche rouge calcaire et ferrugineuse. Mais il ne s'agit pas d'une règle absolue, le le toit de la couche jaune étant relativement calcaire et la base de la rouge parfois silicatée, de sorte que le contraste de l'intercalaire avec les niveaux encaissants est tantôt plus accusé vers le haut, tantôt vers le bas. Il s'estompe dans les gites d'Ottange et de Roncourt, où la nature silicatée des deux couches s'accentue et où la sidérose abonde.

D'autre part, le faciès à oolithes ferrugineuses et gangue calcaire conserve encore une certaine importance. Il tranche à peine sur les niveaux encaissants, le toit de la couche jaune étant aussi calcaire que la couche rouge dans les trois gisements où on le trouve.

Enfin, le faciès à oolithes silicatées a été reconnu dans deux mines et la variété grèseuse dans une. Ils sont, l'un et l'autre, très différents des deux couches voisines.

Intercalaire entre les couches jaune et grise.

Le faciès à oolithes ferrugineuses et ciment mixte continue à prédominer.

Source : MNHN, Paris

Dans les bassins d'Ottange et de l'Orne il se rapproche plus de la couche jaune que de la grise ; la première renferme, en effet, au mur en quantités notables les deux carbonates tandis que l'autre est peu calcaire.

Par contre, dans le bassin de Longwy cet intercalaire a plus d'affinité avec la couche grise qui est le premier niveau minéralisé où apparaît la sidérose.

La variété à oolithes ferrugineuses et gangue calcaire existe encore quoique l'on soit dans la zone moyenne phylliteuse.

Le type à oolithes silicatées est représenté une fois dans chacun des trois bassins tandis que la variété grèseuse ne se trouve que dans la région d'Ottange, dans trois gites sur neuf.

Intercalaire entre les couches grise et noire.

Cet intercalaire a été désigné sous les noms de marnes et de calcaires. Les « marnes » sont soit des dépôts oolithiques et ferrugineux soit des grès. Quant aux calcaires, ils appartiennent à différentes catégories.

La répartition des faciès accuse, par rapport à l'intercalaire précédent, un changement très net.

La variété à oolithes ferrugineuses et gangue mixte est en régression mais reste encore la plus abondante.

Les grès, ainsi que les roches à oolithes silicatées, prennent une grande importance. Par contre le faciès calcaire et ferrugineux a pratiquement disparu.

Si l'on compare les intercalaires avec les niveaux limitrophes, on constate une certaine analogie entre eux dans le bassin de Longwy. Ceci est assez plausible pour le faciès oolithique ferrugineux à gangue mixte, mais le type grèseux lui-même, connu à la Sauvage, repose sur une couche noire riche en quartz.

Dans le bassin d'Ottange, la formation gréseuse très importante montre une différence notable avec les couches adjacentes. Le faciès ferrugineux à gangue mixte diffère aussi des couches qu'il sépare. Celles-ci sont en effet très calcaires à Montrouge et siliceuses à Ste-Barbe.

Dans le bassin de l'Orne, l'intercalaire le plus répandu est le ferrugineux à gangue mixte, il est plus comparable aux couches brune et noire qu'à la couche grise, les deux premières étant relativement calcaires.

Intercalaire noir vert.

Nous avons étudié ce stérile dans huit gisements à l'exception d'un seul où l'intercalaire est gréseux ; il ne subsiste que le faciès à oolithes silicatées et gangue mixte, voisin de la couche verte.

Voyons maintenant la répartition des différents types dans les niveaux successifs.

La formation à gangue calcaire et oolithes ferrugineuses diminue de haut en bas.

Source : MNHN, Paris

Le faciès à oolithes ferrugineuses et gangue mixte, dans lequel les deux carbonates accompagnent la phyllite, atteint son maximum autour de la couche grise. Il disparaît sous la couche noire.

La variété à oolithes silicatées (faciès 3 et 4) montre une certaine constance dans les niveaux supérieurs et moyens, mais il prend brusquement une importance considérable entre les couches noire et verte où on le trouve dans 7 gisements sur 8.

Enfin, on repère deux maxima gréseux, l'un au-dessus de la couche rouge, l'autre entre les couches grise et noire.

Nous montrerons plus loin quelles conclusions on peut tirer de ces variations.

LES GISEMENTS DE LA RÉGION LONGWY-BRIEY.

Nous diviserons cette région en trois bassins : Longwy, Ottange et Orne.

A. — BASSIN DE LONGWY.

a) Partie occidentale.

Nous décrirons deux gisements de la partie occidentale qui s'étend depuis la hordure ouest de la formation jusqu'à la vallée de la Chiers.

Mont-Saint-Martin.

Nous avons eu à notre disposition des matériaux prélevés depuis le sommet jusqu'à la base du gîte.

Couche supérieure.

La couche rouge est surmontée par un niveau calcaire qui renferme quelques oolithes ferrugineuses et des organismes tantôt calciques tantôt épigénisés par l'hydroxyde de fer. Le dépôt est en outre siliceux, les fragments de quartz apparaissent dans le ciment et forment parfois le noyau des oolithes.

Couche rouge.

La couche est riche en hydroxydes de fer. La goethite joue un rôle important dans les oolithes très nombreuses et épigénise une grande partie des fossiles. Une masse de stilpnosidérite constitue la gangue. De gros fragments de quartz sont sertis dans le ciment.

Couche grise.

La couche grise (L_4) est hétérogène. En dehors du minerai typique à gangue phylliteuse où se dépose la sidérose, on rencontre des accidents calcaires (« L_4 calcaire ») qui rappellent la couche rouge.

Source : MNHN, Paris

Des oolithes ferrugineuses et des fragments de quartz y sont sertis dans une masse de calcite.

Dans le « L_4 fine » le quartz devient plus abondant. La gangue est tantôt calcaire, tantôt silicatée fortement imprégnée d'un pigment ferrugineux. Dans les parties phylliteuses on aperçoit des lamelles de mica. En résumé, cette roche où les éléments de la gangue sont imparfaitement séparés a le faciès d'un intercalaire.

Intercalaire gris-noir « ceinture ».

On distingue dans cet intercalaire une partie supérieure, une fine intercalaire et une partie inférieure. Aucun changement n'est à noter par rapport à la couche grise en ce qui concerne les oolithes toujours ferrugineuses et les organismes. Par contre, la gangue varie dans les trois niveaux. A la partie supérieure coexistent la calcite et le silicate, dans la « fine intercalaire » le ciment est uniquement phylliteux tandis qu'à la base il devient essentiellement calcique.

Signalons qu'en dehors du quartz clastique on trouve dans l'intercalaire des lamelles de mica et des fragments de tourmaline.

Couche noire.

On retrouve à ce niveau l'association d'un minerai calcaire et silicaté déjà signalé dans la couche grise. Par conséquent la composition minéralogique des deux couches est identique.

Couche verte.

Rien d'essentiel ne distingue ce niveau des deux couches précédentes. Alors qu'en général la couche verte est caractérisée par la nature silicatée des oolithes, ici elles sont ferrugineuses. Cependant, au mur la sidérose abonde et le minerai devient plus ferreux.

En résumé, d'après l'étude des matériaux à notre disposition, nous ne voyons pas à Mont-St-Martin de couches grise noire et verte bien caractéristiques.

Etude thermique.

Les courbes thermiques de la figure 4 font ressortir la nature ferrugineuse et calcaire de ce gisement.

Remarquons qu'au dessous de la couche supérieure (courbe I) très calcique, la couche rouge est peu carbonatée (courbe II). En revanche la calcite abonde dans la couche grise (courbe III) et dans l'intercalaire (Courbe IV) qui la sépare de la couche noire. La couche noire est peu silicatée (courbe V), c'est également le cas de la couche verte (Courbe VI) qui est généralement le niveau phylliteux par excellence.

Romain.

La couche rouge de Romain est typique et riche en fragments de quartz.

La goethite se concentre dans les oolithes et dans les organismes.

Source : MNHN, Paris

Le minerai est cimenté par une gangue peu abondante, calcaire et localement silicatée, imprégnée par la stilpnosidérite.

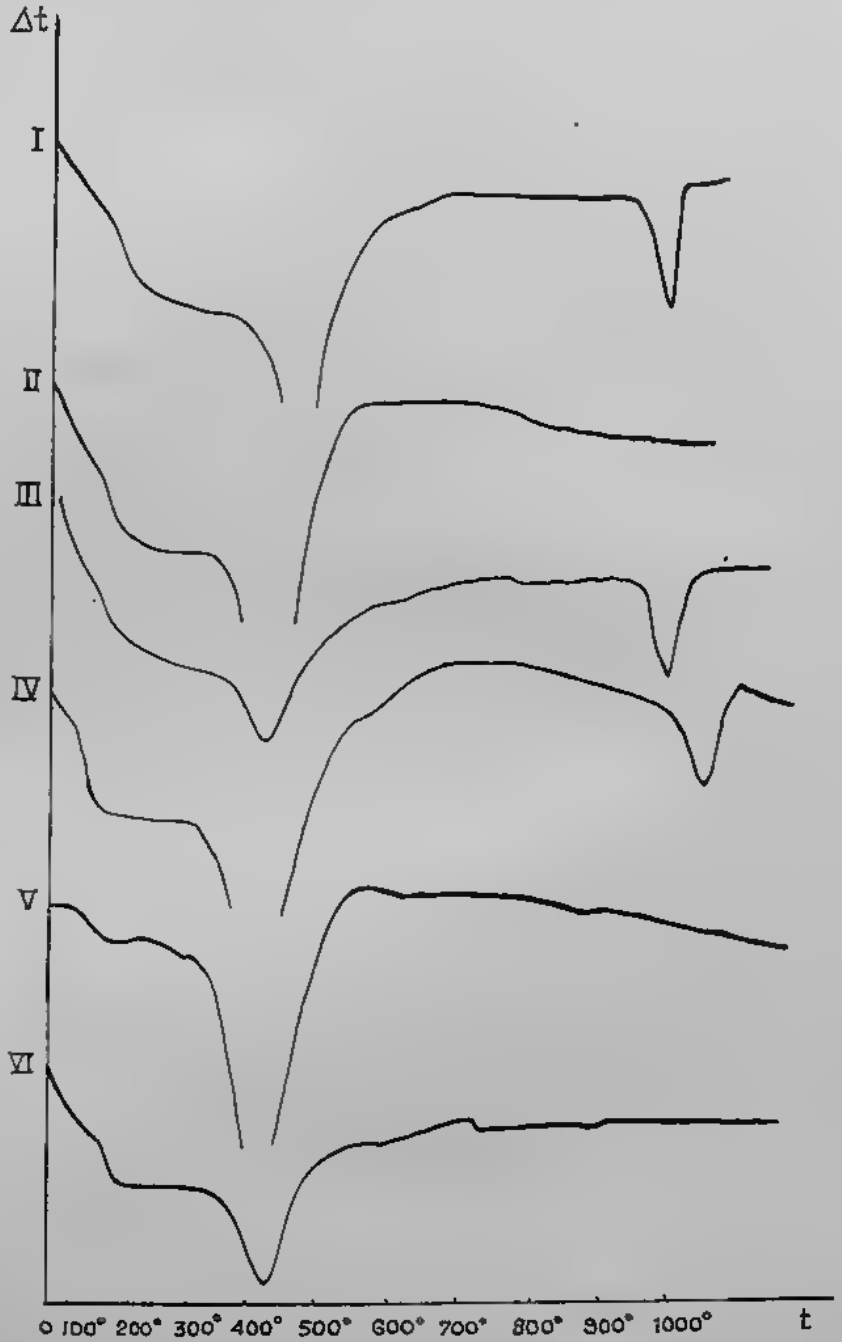


Fig. 4. — Courbes thermiques différentielles des minerais de Mont-St-Martin. I. — Couche supérieure. II. — Couche rouge. — III. — Couche grise. IV. — Intercalaire gris-noir. V. — Couche verte.

Source : MNHN, Paris

b) Partie centrale.

Elle s'étend de la vallée de la Chiers à la faille de Godbrange prolongée par la faille de Joppecourt.

Saulnes.

Nous avons étudié de ce gisement des matériaux prélevés depuis le sommet du dépôt jusqu'à la couche noire.

Couche rouge.

Au-dessus de la couche rouge, la coupe débute par un dépôt oolithique à gangue abondante calcaire et localement silicaté, où les ovoïdes sont ferrugineux et de grande taille. On y remarque des nougats quartzeux à gangue de goethite et des fragments complexes à oolithes et ciment ferrugineux. La roche renferme des organismes calcaires, ferrugineux, silicatés et phosphatés.

Dans la couche rouge elle-même, le nombre des oolithes augmente. La gangue demeure en grande partie calcaire, mais le silicate ferrugineux y prend une part importante. Il se dépose au voisinage des oolithes ou en masses plus étendues. Le quartz est intact.

Couche jaune.

Par rapport à la couche rouge, on constate une régression de la calcite. Elle voisine encore avec un silicate resté assez vert, mais celui-ci occupe parfois seul les espaces interoolithiques. Il existe, cependant, dans ce niveau des minerais carbonatés où la calcite est le constituant presque exclusif du ciment. Le quartz est encore intact ou à peine corrodé.

Intercalaire jaune grise.

Dans cet intercalaire les oolithes sont à peine moins nombreuses que dans la couche jaune. La gangue est en partie calcaire et plus souvent silicatée et ferrugineuse. La sidérose s'y dépose en cristaux et parfois aussi la calcite. Dans les parties silicatées on voit des lamelles de muscovite. Le quartz est à peine corrodé.

Banc marno-calcaire et ferrugineux.

Au-dessus de la couche grise, le banc marno-calcaire est constitué par des oolithes ferrugineuses et une gangue silicatée légèrement rougeâtre où se dépose en quantité la sidérose. Elle entoure et attaque les ovoïdes, mais cette corrosion reste limitée à leur zone extérieure. La calcite existe aussi dans le ciment où le quartz reste intact.

Couche grise.

Nous avons examiné plusieurs préparations de ce niveau, mais aucune d'elles ne montre les caractères de la couche grise. Parfois le minerai possède la composition de la couche rouge, même lorsque le

Source : MNHN, Paris

silicate vert et la sidérose accompagnent la calcite en quantité non négligeable, on n'observe jamais la structure harmonieuse de la couche grise.

Les oolithes sont mal formées, généralement ferrugineuses, les organismes calcaires, silicatés et ferrugineux. Il est des cas où la goethite se dépose dans la gangue phylliteuse, y formant des plages curvilignes, elle occupe donc dans les espaces interoolithiques la place qui revient généralement à la sidérose.

Intercalaire gris-noir.

Des oolithes ferrugineuses et quelques fossiles sont pris dans une gangue où on retrouve l'hydroxyde en plages curvilignes comme dans la couche grise. Un liseré ferrugineux entoure les fragments de quartz.

Longlaville.

Nous avons examiné des préparations des couches rouge, jaune et grise, conservées dans la collection Bichelonne.

Couche supérieure et couche rouge.

Ces deux couches forment un ensemble de composition assez constante. Des oolithes ferrugineuses, des organismes calcaires et ferrugineux sont cimentés par une gangue de calcite. Toutefois, le silicate imprégné de stilpnosidérite se dépose dans les espaces interoolithiques.

« Roche siliceuse brune ».

Au-dessous de la couche rouge, on a désigné sous le terme de « roche siliceuse brune » un intercalaire à oolithes ferrugineuses petites et mal formées. La gangue silicatée et calcaire englobe un grand nombre de fragments de quartz et quelques lamelles de mica.

Couche jaune.

On trouve dans la couche jaune l'association de deux minerais l'un calcaire, l'autre silicaté.

Le premier rappelle la couche rouge tandis que le second est cimenté par une masse de phyllite verte. Les deux carbonates s'y déposent, la calcite en agrégats, la sidérose en cristaux bien développés.

La couche jaune englobe quelques fragments de quartz et des organismes calcaires et ferrugineux.

La Sauvage.

Le gisement de la Sauvage, situé dans la partie luxembourgeoise du Bassin de Longwy, comporte cinq horizons minéralisés. Les couches rouge, jaune, grise, noire, ont une composition minéralogique assez voisine, tandis que la couche verte diffère nettement des précédentes.

Source : MNHN, Paris

Couche rouge.

C'est une couche rouge typique avec des oolithes ferrugineuses et un ciment calcaire. Le silicate se dépose localement autour des ovoïdes de goethite. On peut noter aussi la présence de concrétions d'hydroxyde de fer cristallisé dans lesquelles sont sertis de minuscules fragments de quartz.

Par ailleurs ce minerai est moins siliceux que ne l'est généralement la couche rouge.

Couche jaune.

Par rapport au niveau précédent, la couche jaune accuse un enrichissement en quartz clastique. On y découvre quelques fragments de tourmaline. Elle est plus ferrugineuse et moins calcique que la couche rouge car la goethite se répand partout dans les espaces interoolithiques.

Couche grise.

La stilpnosidérite joue un rôle considérable dans ce niveau. Il imprègne la gangue phylliteuse, donnant au minerai un aspect différent de la couche grise habituelle. Par endroits, on observe un faciès à gangue silicatée vert-brunâtre et micacée dans laquelle cristallisent de nombreux rhomboèdres de sidérose.

Intercalaire gris-noir.

La rareté des oolithes et l'abondance du quartz caractérisent cet intercalaire. Dans la gangue phylliteuse, très riche en hydroxyde, on aperçoit quelques lames de mica et des débris de feldspath.

Couche noire.

La couche noire est aussi ferrugineuse. La stilpnosidérite et la goethite constituent les oolithes, se déposent dans la gangue et épigénisent en partie les organismes. Il ne reste que peu de place pour le silicate dans les espaces interoolithiques encombrés de fragments de quartz corrodés par le carbonate de fer. La calcite n'est plus représentée que dans les organismes et par un mince liséré qui entoure les ovoïdes.

Couche verte.

L'hydroxyde de fer disparait dans la couche verte. les oolithes sont silicatées. Dans le ciment la phyllite accompagne la sidérose et le seul constituant opaque est la pyrite.

Le minerai possède une structure rubanée due à l'alternance des zones riches en oolithes avec des zones carbonatées et sulfurées.

En résumé, le gisement de la Sauvage est caractérisé par l'abondance des hydroxydes de fer.

Les courbes thermiques faites avec les échantillons des couches rouge, jaune, grise et noire, montrent, en effet, d'importants crochets

Source : MNHN, Paris

dûs à la déshydratation de la stilpnosidérite et de la goethite (courbes I, II, III, IV, fig. 5). Les inflexions du silicate et à la sidérose sont à peine indiquées. La calcite n'est mise en évidence que dans les deux niveaux supérieurs.

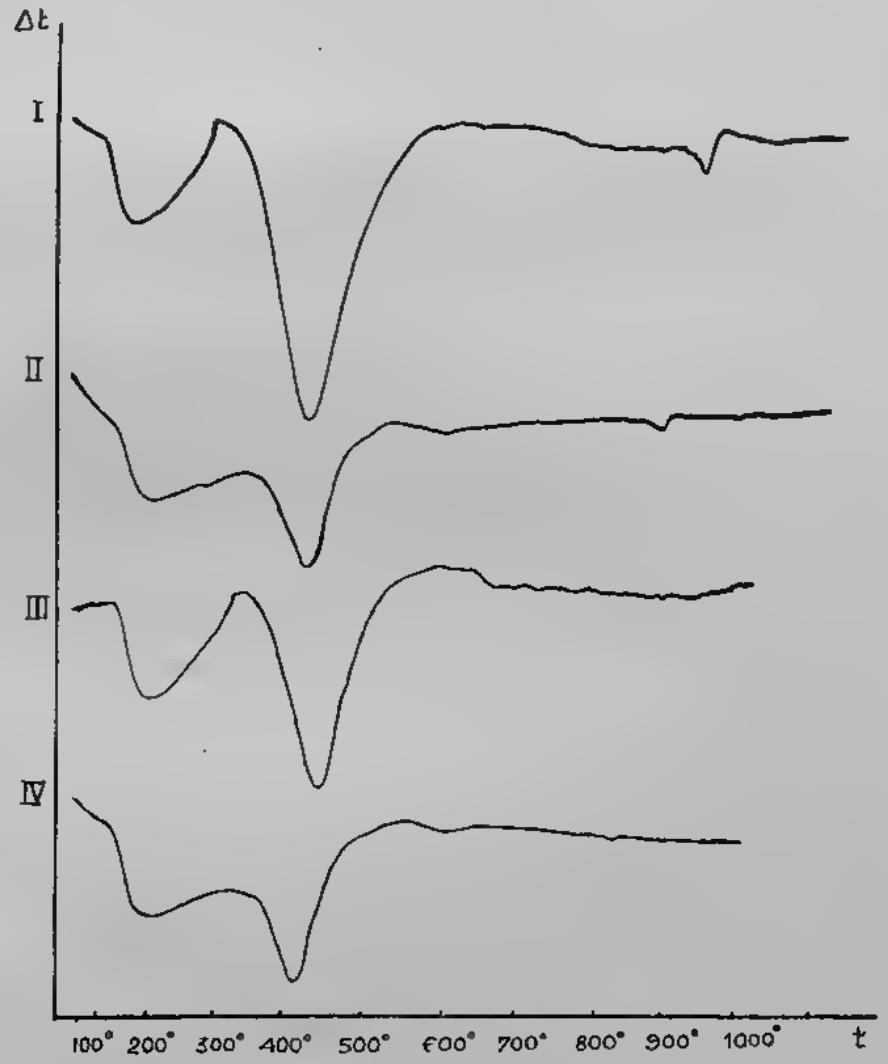


Fig. 5. — Courbes thermiques différentielles des minerais de la Sauvage. I. — Couche rouge. II. — Couche jaune. III. — Couche grise. IV. — Couche noire.

Les couches jaune et noire étant riches en quartz, leurs diagrammes présentent des inflexions moins accentuées.

Source : MNHN, Paris

Ahleberg.

Comme la mine de la Sauvage, le gisement d'Ahleberg est situé dans le Luxembourg en bordure de la faille de Godbrange. Nous avons étudié des préparations de la couche verte, conservées dans la collection Bichelonne.

Couche verte.

Au toit de la couche, les oolithes et la gangue sont silicatées. L'hydroxyde donne une teinte rougeâtre aux ovoïdes tandis que la gangue reste d'un vert vif. La calcite forme quelques ilots dans le ciment, par contre la sidérose se dépose en abondance et attaque les ovoïdes, elle corrode également les nombreux petits fragments de quartz. Les organismes sont pour la plupart calcaires, rarement silicatés.

Au-dessous du toit, la sidérose devient le constituant principal de la gangue, il englobe et corrode les débris de quartz. Le silicate ne forme que de petites plages ou un liséré autour des oolithes.

A la partie supérieure de la couche, on rencontre un niveau où le silicate disparaît complétement du ciment qui est alors formé par un agrégat de sidérose.

Herserange.

Nous avons étudié les couches grise, noire et verte de la concession d'Herserange.

Couche grise.

Ce minerai rappelle le faciès des intercalaires. En effet, si les oolithes ferrugineuses sont de formes régulières, dans la gangue les carbonates et le silicate constituent un assemblage chaotique de petits ilots juxtaposés. On y observe quelques fragments de quartz séparés ou réunis en galets à ciment ferrugineux.

Couche noire.

Les oolithes assez déformées semblent à la fois ferrugineuses et silicatées. Certaines ont un noyau de quartz corrodé. Au contact des ovoïdes la gangue silicatée est teintée de brun par la stilpnosidérite, plus loin d'elles sa teinte s'éclaircit, enfin, au centre des espaces interoolithiques on observe sa couleur verte caractéristique. La sidérose cristallise dans le ciment, de préférence autour des fragments de quartz. On remarque également des agrégats d'un phosphocarbonate de calcium.

Couche verte.

Le minerai n'a pas l'aspect habituel de la couche verte, les oolithes étant fortement imprégnées d'un pigment ferrugineux. Un liséré de calcite simple ou double les sépare de la gangue où la sidérose accompagne la phyllite. En lumière réfléchie on reconnaît la pyrite et la marcasite. Le quartz y est corrodé.

Source : MNHN, Paris

Moulaine (*).

Nous avons pu étudier à Moutaine tous les horizons minéralisés à l'exeeption de la couehe brune.

Calcaires supérieurs.

Au sommet du gisement on trouve un minerai à oolithes ferrugineuses que seule l'abondanee de la gangue calcaire distingue de la couehe rouge proprement dite.

Couche rouge.

Cet horizon est de composition minéralogique simple ; les seuls éléments autochtones sont les hydroxydes de fer et la ealcite. La gangue caleaire englobe des oolithes ferrugineuses ayant souvent comme noyau un organisme en goethite. Dans les espaees interoolithiques, où se répand la goethite, apparaît une quantité importante de quartz clastique et des lamelles de muscovite. On observe aussi plusieurs fragments complexes, constitués par des oolithes en goethite sertis dans une masse d'hydroxyde de fer. Les organismes sont ferrugineux, calcaires et quelques-uns phosphatés.

Couche jaune.

La couche jaune est un dépôt hétérogène. Si les oolithes sont toujours ferrugineuses, les variations de la gangue permettent d'y distinguer deux types de minerais.

Dans le premier, la gangue est calcaire, la phyllite n'y forme qu'un liséré autour des oolithes et autour des fragments de quartz corrodés par la sidérose.

Le deuxième type, très quartzeux, est riche en hydroxyde de fer.

Dans les deux cas les organismes sont calcaires et ferrugineux.

Intercalaire jaune gris.

Au-dessous de la couche jaune s'est déposé un interealaire dans lequel on distingue trois niveaux.

Partie supérieure. — Le toit de l'intercataire présente deux faciès.

Par endroits c'est un véritable grès fossilifère. La roche ne renferme pas d'oolithes caractéristiques, mais on y observe des agrégats phylliteux de forme ovoïdale auxquels manque la structure concentrique. Ils sont parfois envahis par la sidérose. Un tiers environ de la masse est formée par le quartz. Les organismes, très nombreux, sont pour la plupart calcaires, mais il en existe cependant beaucoup de silicatés et quelques-uns de phosphatés.

Dans la gangue prédominent les carbonates, c'est tantôt la sidérose, tantôt la calcite en agrégats isolés, souvent aussi les deux minéraux s'associent, la calcite englobant le carbonate de fer. Le silicate

(*) S. Caillère, F. Kraut, *C. R. Ac. Sc.*, t. 223, 1946, p. 862 et t. 232, 1951, p. 1128-30, et *Bull. Soc. Géol. France*, t. 17, 1947, p. 97-103. *Bull. Mus. d'Hist. Nat.*, 2e série, t. 24, n° 1, 1952, p. 143-145.

Source : MNHN, Paris

n'occupe que peu de place dans le ciment où on remarque quelques fragments de tourmaline.

Le second faciès est oolithique et rappelle une couche rouge riche en quartz. La stilpnosidérite se répand dans la gangue et épigénise un grand nombre de fossiles.

Partie moyenne. — La structure et la composition accusent, par rapport à la partie supérieure, des changements notables. Le niveau devient franchement oolithique. Les ovoïdes étant riches en hydroxydes, on y observe en lumière réfléchie la goethite dans leur zone corticale. Le quartz est moins abondant et la gangue plus silicatée (fig. 3 pl. I). La sidérose forme des cristaux isolés ou des agrégats et la calcite s'y développe en larges amas. Les organismes sont calcaires, ferrugineux et silicatés. Signalons la présence de lamelles de mica et de grains arrondis de tourmaline bleue déjà observée dans la partie supérieure.

Partie inférieure. — A la base de l'intercalaire on retrouve des oolithes ferrugineuses, le quartz abonde à nouveau dans le ciment silicaté et carbonaté. Il renferme aussi de la muscovite, du feldspath et de la tourmaline bleue.

Couche grise.

Dans ce niveau complexe on trouve, en dehors du minerai type, des faciès calcaires et silicatés ainsi que des accidents à structure d'intercalaire.

Minerai type couche grise. — Autour des oolithes ferrugineuses la phyllite forme d'abord un liséré ou une couronne de lamelles radiales, puis dans le reste des espaces interoolithiques elle se présente en masses indifférenciées, quasi amorphes. Parfois une mince couche de calcite sépare la phyllite cristallisée de la variété cryptocristalline.

La sidérose se dépose dans le silicate soit en rhomboèdres soit en agrégats et nous y avons observé un phosphocarbonate de calcium bien cristallisé : la francolite. La sidérose, puis le silicate et l'hydroxyde de fer entourent des fragments de quartz très corrodés. Les organismes sont calcaires et ferrugineux.

Minerais calcaires. — La gangue contient en proportions sensiblement égales la phyllite et la calcite. Comme dans la couche rouge, les fragments de quartz son intacts.

Minerais silicatés. — Les oolithes sont silicatées et très déformées. Dans la gangue prédomine la sidérose tandis que la phyllite se cantonne au voisinage des ovoïdes. Le minerai renferme un grand nombre de fragments de quartz très corrodés, entourés par la sidérose puis par le silicate.

Faciès d'intercalaire. — Une gangue phylliteuse brunâtre englobe des ovoïdes ferrugineux. Dans les espaces interoolithiques la sidérose forme une multitude de cristaux tandis que la calcite est très accessoire. En dehors du quartz fort abondant, on voit la muscovite et des débris de feldspath.

Source : MNHN, Paris

Couche noire.

La couche noire est plus homogène que les précédentes.

Les oolithes y sont silicatées, imprégnées de produits ferrugineux. Dans la gangue on reconnaît la phyllite et les deux carbonates, la calcite englobant la sidérose. Le phosphate cristallise dans les espaces interoolithiques et on trouve, dans la couche noire, des accidents micacés. Le quartz est toujours englobé et corrodé par la sidérose et sert parfois de noyau aux oolithes. Celles-ci sont souvent incomplètes et leur forme initiale est rétablie par la sidérose.

La goethite est concentrée dans les organismes dont beaucoup sont ferrugineux. Par ailleurs, on observe des fossiles calcaires, silicatés et phosphatés. Parfois un liseré de pyrite entoure les oolithes.

Aucune différence essentielle n'existe entre ce niveau et la couche grise. Nous avons les deux carbonates, des silicates et les mêmes éléments clastiques. Cependant, quelques détails la rapprochent de la couche verte. Telle est la présence de la pyrite et l'importance des phénomènes de corrosion qui se manifestent non seulement aux dépens du quartz, mais affecte également les oolithes.

Intercalaire noir vert.

Les oolithes sont nettement moins nombreuses que dans la couche noire. Dans la gangue, essentiellement silicatée, la sidérose se dépose en beaux cristaux et on observe un grand nombre de lamelles de mica et de petits débris de quartz.

Couche verte.

L'hydroxyde de fer cristallin fait défaut, par contre la marcasite en masses compactes se voit dans cette couche dont la sidérose et le silicate sont les constituants essentiels. Les oolithes sont primitivement silicatées et le restent dans beaucoup de cas ; mais très souvent la sidérose de la gangue les envahit plus ou moins, elles sont mal formées, plus jaune que la chlorite du ciment et doivent renfermer davantage de fer ferrique. La phyllite est ici une chlorite à réseau peu stable dite chlorite « gonflante ».

Le niveau est assez riche en quarz détritique, généralement corrodé, on y observe quelques organismes épigénisés par la chlorite.

La couche verte de Moulaine est tout à fait typique, le fer est uniquement à l'état ferreux et la calcite fait pratiquement défaut. L'invasion des oolithes par la sidérose atteint un stade très avancé.

Etude thermique.

L'étude thermique montre une évolution progressive assez régulière du sommet à la base du gîte.

Le diagramme de la couche rouge (C. V. fig. 6) accuse deux accidents majeurs, ceux de la goethite et de la calcite.

La couche jaune (C. IV, fig. 6) riche en hydroxyde est moins calcaire.

Source : MNHN, Paris

Dans les couches grise et noire (C. III et IV, fig. 6) le crochet de la goethite est suivi par les accidents de la sidérose et de la chlorite. On remarque dans le diagramme (IV) de la couche noire une inflexion provoquée par la dissociation de la calcite.

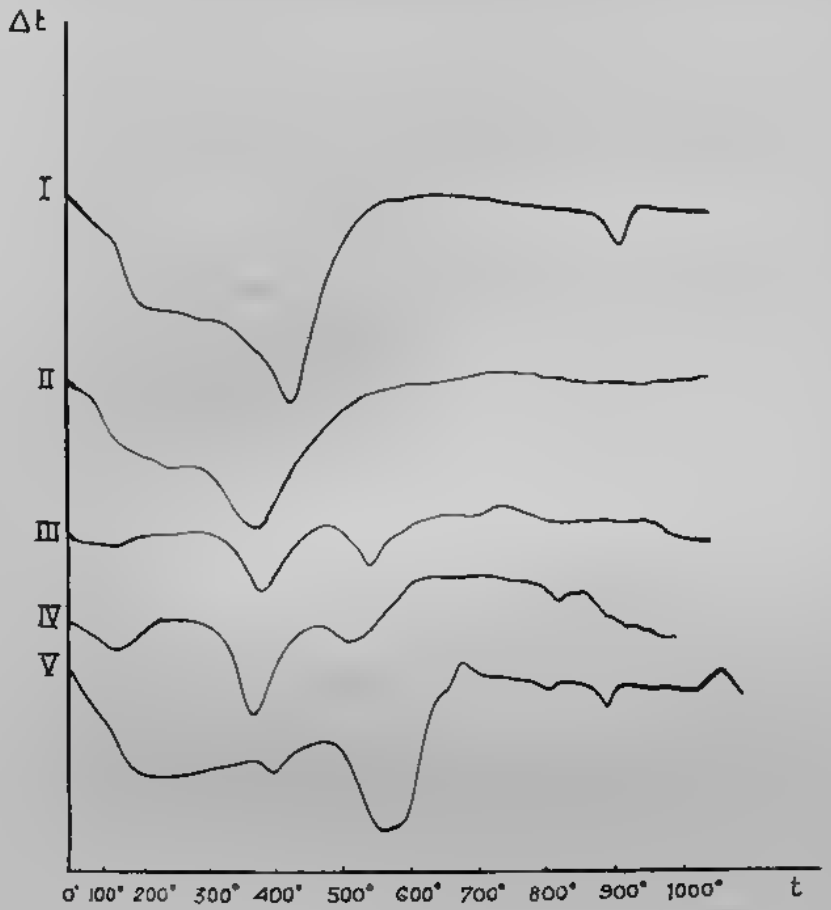


Fig. 6. — Courbes thermiques différentielles des minerais de Moulaine. I. — Couche rouge. II. — Couche jaune. III. — Couche grise. IV. — Couche noire. V. — Couche verte.

Rappelons qu'entre les couches grise et verte on constate souvent une récurrence des faciès calcaire et ferrugineux.

Dans la couche verte, l'hydroxyde de fer cristallisé ne se manifeste que par une très faible inflexion (V. V, fig. 6), alors que l'accident commun à la sidérose et à la phyllite est très largement développé.

Mexy.

La couche grise est le seul niveau que nous avons étudié à Mexy, elle a une structure oolithique parfaite. Les ovoïdes de forme régulière

Source : MNHN, Paris

sont serties dans un ciment silicaté cryptocristallin d'un vert vif où la sidérose forme des îlots à contours curvilignes. Le carbonate se dépose aussi autour des fragments de quartz qu'il corrode profondément. Dans cet horizon nous n'avons trouvé que des organismes épigénisés par la goethite.

Bazailles.

Nous avons recueilli dans la mine de Bazailles des échantillons de marnes grises et des couches grise et noire. En outre, nous avons emprunté à la collection Bichelonne des préparations des couches rouge et jaune.

Marnes grises.

Le gisement est recouvert par un dépôt silicaté désigné sous le nom de marnes grises. On y observe quelques oolithes ferrugineuses reliées par une gangue calcaire et silicatée dans laquelle cristallise la sidérose en rhomboèdres séparés. Les fragments de quartz sont accompagnés par le mica blanc et accessoirement par le feldspath plagioclase. Les organismes sont calcaires, ferrugineux, silicatés et phosphatés.

Couche rouge.

La couche rouge est très calcaire, les oolithes étant englobées dans un ciment largement développé. Le quartz n'existe qu'en faible quantité.

A la base de la couche la gangue devient silicatée et imprégnée d'hydroxyde de fer. Le quartz abonde et on voit quelques lamelles de mica et de la tourmaline.

Les organismes sont calcaires, ferrugineux et quelquefois silicatés.

Intercalés dans cette couche, on trouve des bancs dépourvus d'hydroxyde. Ils ne renferment pas d'oolithes mais quelques petites concrétions ovoïdales silicatées. Ces bancs englobent du mica, beaucoup de quartz, de la tourmaline bleue et du zircon.

Couche jaune.

Contrairement à la couche rouge, ce niveau contient beaucoup d'oolithes ferrugineuses serties dans une gangue calcaire. Le silicate vert se dépose en liserés incomplets autour des ovoïdes.

A la base de la couche, la gangue devient très hétérogène : elle est calcaire, ferrugineuse et silicatée, chargée de quartz, de mica, et de cristaux de sidérose.

La couche jaune comporte également un banc de marnes phylliteuses. Il est caractérisé par la présence d'ovoïdes très particuliers. Il s'agit de cristaux de sidérose qui se groupent en agrégats autour d'une masse de phyllite. Celle-ci représente le résidu de l'oolithe primitivement silicatée.

Source : MNHN, Paris

Couche grise.

Le sommet de la couche, riche en quartz clastique, rappelle les intercalaires. Il ne renferme qu'un nombre restreint de petites oolithes ferrugineuses dans une gangue formée par le silicate et les deux carbonates. Dans toute son épaisseur le niveau est différent de la couche grise typique, sa gangue étant plus calcaire que silicatée. En général les oolithes, les fossiles et les fragments de quartz sont en contact avec le silicate qui se réduit à un mince liséré, puis la calcite se dépose, occupant la plus grande partie des espaces interoolithiques. On ne peut mettre en évidence la sidérose qu'autour de certains fragments de quartz, qui sont alors attaqués.

A la base de la couche se trouve un accident siliceux. Les oolithes sont entourées par un liséré de silicate, tandis qu'un revêtement ferrugineux enveloppe organismes et fragments clastiques. Le constituant principal de la gangue est la calcite.

Couche brune.

Le calcite continue á prédominer dans la gangue séparée des oolithes brunâtres par un liséré radial de phyllite verte. La sidérose, seule ou associée au silicate, se dépose autour des fragments de quartz. Souvent un tel fragment entouré de son double liséré constitue le noyau des oolithes.

Localement le sulfure cristallise en masse compacte dans le ciment. Les organismes sont rares et ferrugineux.

A la base de la couche, les oolithes deviennent jaunâtres et plus silicatées. La phyllite verte qui les entoure conserve la structure radiale et la gangue reste plus carbonatée que « chloriteuse ».

Couche noire.

A la partie supérieure du niveau, riche en hydroxyde de fer, des oolithes se détachent sur une gangue d'un vert pâle. La goethite épigénise la plupart des organismes.

Dans la partie moyenne de la couche, le silicate est en régression, la calcite et la sidérose occupent une grande partie des espaces interoolithiques. Le minerai devient riche en quartz et les organismes ferrugineux s'ajoutent aux fossiles calcaires.

Près du mur, le quartz continue à s'accumuler et la gangue est á nouveau plus silicatée. Sur les organismes calcaires se déposent parfois des cristaux de sidérose.

Analyse thermique.

L'étude thermique a été faite sur les matériaux que nous avons recueillis nous-mêmes dans la mine.

La courbe I, fig. 7, correspond à la marne grise, elle met en évidence les hydroxydes, les silicates, la sidérose ainsi que la calcite. Les crochets sont peu accentués, la roche étant riche en quartz.

Source : MNHN, Paris

On retrouve les mêmes accidents dans les courbes des couches grise (II, fig. 7) et noire (III, fig. 7).

L'inflexion la plus importante est celle de la goethite.

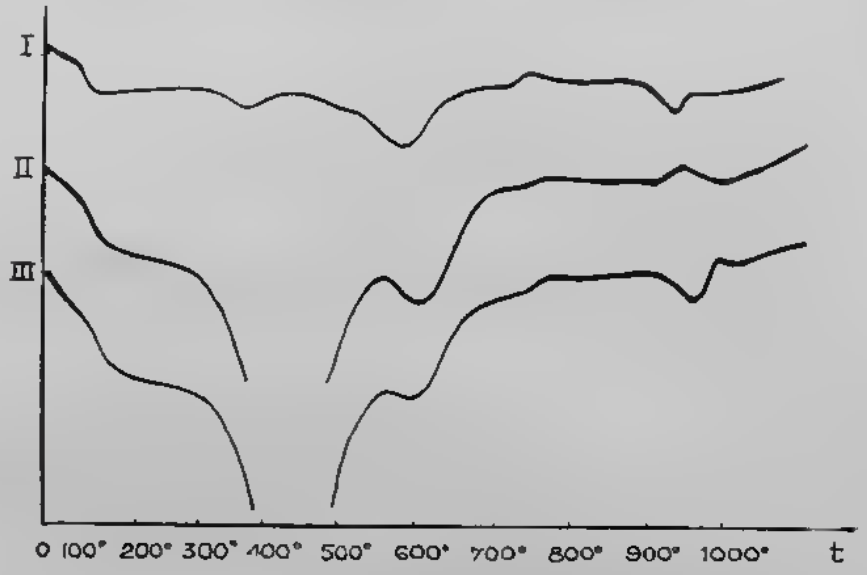


Fig. 7. — Courbes thermiques différentielles des minerais de Bazailles. I. — Marne grise. II. — Couche grise. III. — Couche noire.

c) Partie orientale.

Cette région est limitée à l'ouest par les failles de Godbrange et de Joppecourt, et à l'est par les failles d'Audun-le-Tiche, Crusnes et Mercy-le-Haut.

Godbrange.

On trouvera ici la description des couches rouge, grise, noire et verte et des intercalaires qui les séparent.

Couche rouge.

Nous avons à Godbrange une couche rouge typique avec des oolithes ferrugineuses et une gangue calcaire. Toutefois, la « chlorite » se dépose autour des ovoïdes, et prend parfois une place importante dans le ciment. Elle est imprégnée de stilpnosidérite. Le minerai renferme des fragments de quartz et des organismes calcaires et ferrugineux.

Intercalaire entre les couches rouge et grise.

On distingue dans cet intercalaire deux types de roches. Leur gangue est identique, tantôt calcaire tantôt formée par une phyllite verte et par la sidérose. Par contre, l'une d'elles englobe des oolithes

Source : MNHN, Paris

ferrugineuses, tandis que l'autre donne un exemple remarquable du remplacement des ovoïdes silicatées par le carbonate.

En effet, la sidérose se dépose en gros cristaux dans la gangue et de là pénètre dans les oolithes. Certaines restent épargnées tandis que d'autres sont entièrement remplacées, les stades intermédiaires étant les plus fréquents.

Couche grise.

La couche grise présente ici un faciès calcaire aberrant. Dans la partie supérieure du niveau la calcite accompagne le silicate vert de la gangue, la sidérose ne forme que quelques petits agrégats, le quartz reste intact.

Plus bas, le nombre des oolithes diminue et la gangue devient plus carbonatée. La calcite abonde et les fragments de quartz sont corrodés par la sidérose.

Intercalaire entre les couches grise et noire.

Le stérile entre les couches grise et noire est assez riche en quartz, mais il renferme encore pas mal d'oolithes. La calcite et le silicate forment le fond de la gangue où la sidérose cristallise en nombreux rhomboèdres bien développés, de préférence dans les parties silicatées.

Couche noire.

Au sommet, les oolithes ferrugineuses sont reliées par une gangue tantôt calcaire tantôt silicatée. La sidérose cristallise, mais laisse le quartz intact.

Au milieu de la couche, le ciment devient plus silicaté et la sidérose prend des proportions importantes. Elle attaque le quartz et les oolithes.

A la base, on retrouve le minerai calcaire ; même lorsque la gangue est silicatée un liséré de calcite entoure les oolithes. Cependant la sidérose persiste et corrode quartz et oolithes.

Intercalaire noir vert.

L'abondance du quartz donne à cette roche l'aspect d'un grès à ciment chloriteux. Dans la gangue riche en sidérose on observe des paillettes de mica blanc et accessoirement des fragments de tourmaline et de zircon.

Couche verte.

La sidérose et le silicate se répartissent inégalement dans la gangue, tantôt l'une tantôt l'autre y prédomine. Par endroits, les espaces qui séparent les oolithes silicatées teintées par un pigment ferrugineux, sont remplis par un phosphocarbonate de calcium fibreux à structure sphérolitique.

Le minerai renferme une grande quantité de quartz corrodé par la sidérose. Les oxydes libres manquent, le fer cristallise uniquement à l'état de sulfure.

Source : MNHN, Paris

HUSSIGNY.

Les matériaux qui ont servi pour l'étude de ce gisement nous ont été confiés par l'IRSID.

Calcaire ferrugineux.

Au-dessus de la couche rouge se trouve un niveau renfermant quelques oolithes ferrugineuses dont certaines atteignent des dimensions exceptionnelles.

Couche rouge.

La couche rouge est très ferrugineuse. La goethite joue un rôle important dans les oolithes et elle épigénise une grande partie des organismes. La gangue calcaire est elle-même imprégnée de stilpnosidérite. Celle-ci devient encore plus abondante à la partie inférieure de la couche où s'opère un enrichissement en quartz.

Couche grise.

Les échantillons prélevés dans ce niveau n'ont pas les caractères spécifiques de la couche grise. Les oolithes restent ferrugineuses et la gangue offre l'aspect chaotique des intercalaires. C'est une masse à support phylliteux dans laquelle coexistent la calcite et la sidérose.

Intercalaire gris noir.

La couche grise est séparée de la noire par un dépôt riche en quartz. Les oolithes sont rares à la partie supérieure, puis leur nombre croît à la base. Calcaire et silicatée au sommet, la gangue devient ferrugineuse au milieu du dépôt, tandis qu'au mur la sidérose cristallise en abondace dans la phyllite.

Couche noire.

C'est avec la couche noire que l'on atteint la zone ferreuse à structure bien organisée qui débute généralement dans la couche grise. La phyllite et le carbonate de fer remplissent les espaces compris entre les oolithes ferrugineuses. La sidérose forme des agrégats, des cristaux isolés et un revêtement autour des fragments de quartz. Les organismes sont pour la plupart calcaires. On en trouve aussi de ferrugineux, de silicatés et de phosphatés.

La partie inférieure du niveau, où le minerai change de composition et de structure, prend les caractères des couches vertes silicatées. Dans les ovoïdes, la phyllite est polluée par la stilpnosidérite tandis que dans le ciment elle conserve intacte sa coloration verte. La sidérose cristallise dans la gangue et pénètre de là dans les oolithes. Elle se dépose aussi autour des fragments de quartz et dans les organismes calcaires.

FRANC-VALLON.

Nous résumons ici les observations faites sur des préparations de la collection Bichelonne.

Source : MNHN, Paris

Couche rouge.

L'examen microscopique donne l'image d'une couche rouge typique. Les oolithes ferrugineuses sont enveloppées dans une gangue calcaire comportant des portions silicatées fortement imprégnées par la stilpnosidérite. Le niveau est peu quartzeux et peu fossilifère.

Couche grise.

On trouve dans ce niveau deux sortes de minerais dont aucun ne correspond au faciès habituel de la couche grise.

L'un d'eux, riche en quartz, possède une gangue phylliteuse et micacée qui englobe des cristaux et des agrégats de sidérose. Celle-ci attaque les oolithes mais épargne généralement le quartz.

Dans l'autre catégorie, la gangue est calcaire, le silicate et la sidérose y jouent un rôle tout à fait accessoire.

Couche noire.

Comme à Hussigny, il faut dépasser la couche grise pour arriver au niveau du silicate vert accompagné par la sidérose. Le carbonate attaque le quartz et parfois même les oolithes. On connaît dans la couche noire des rognons calcaires qui ne sont que des accidents carbonatés, pauvres en silicate et très quartzeux.

Redange.

Nous décrirons les couches rouge, grise et noire, de la concession de Redange dont nous avons trouvé une série de lames minces dans la collection Bichelonne.

Couche rouge.

Au-dessus de la couche rouge existe un niveau calcaire qui renferme quelques oolithes en stilpnosidérite atteignant parfois des dimensions considérables. On y observe des organismes calcaires et ferrugineux ainsi que quelques fragments de quartz clastique.

La couche elle-même est formée par un minerai à gangue calcaire, faiblement silicatée. Une quantité importante de stilpnosidérite se fixe sur le support phylliteux. Le niveau est un peu quartzeux.

Dans la partie inférieure, le nombre des oolithes diminue. Le ciment devient plus silicaté et ferrugineux. Il se charge de cristaux de sidérose et d'une quantité de petits débris de quartz. Il faut signaler, en outre, la présence d'organismes calcaires, ferrugineux et phosphatés.

Intercalaire rouge-gris.

La partie supérieure de ce niveau stérile a la même composition que la couche rouge, mais elle est beaucoup plus siliceuse. Plus bas, la gangue est constituée par l'assemblage mal séparé de la calcite et du silicate vert dans lequel apparaît la sidérose.

Source : MNHN, Paris

Couche grise.

Nous avons examiné deux séries de préparations provenant de deux coupes différentes mais, dans aucune d'elles, nous n'avons trouvé les caractéristiques de la couche grise. Leur composition les rapproche plutôt des minerais des niveaux supérieurs, la gangue étant toujours silicatée, ferrugineuse et calcaire.

Intercalaire gris-noir.

L'intercalaire qui se trouve au-dessous de la couche grise est très different dans les deux coupes.

Dans l'une d'elles l'hydroxyde fait défaut.

Au sommet, les ovoïdes et les organismes silicatés verts sont englobés par une masse carbonatée très pure. Dans ce ciment, la calcite entoure des agrégats de gros cristaux de sidérose, laquelle se dépose également dans les oolithes et les détruit dans beaucoup de cas presque complétement. Elle cristallise aussi sur les organismes silicatés et dans les rares îlots phylliteux de la gangue. La calcite efface ou complète elle aussi les ovoïdes. Signalons encore que le quartz est très corrodé et que la marcasite se dépose dans la gangue. Il existe des zones où les ovoïdes et la gangue deviennent très silicatés et rappellent la couche verte.

Puis cette association des faciés carbonatés et silicatés cède la place à un dépôt à gangue mixte, les oolithes sont en régressions ou disparaissent totalement.

Dans l'autre coupe l'intercalaire est constitué par un dépôt ferrugineux à rapprocher des couches supérieures.

Couche noire.

Minéralogiquement la couche noire est la continuation de l'intercalaire silicaté. Une gangue phylliteuse et carbonatée relie les oolithes vertes ayant une belle structure concentrique. Les constituants du ciment se déposent dans l'ordre suivant : autour des oolithes et des organismes on voit d'abord la phyllite lamellaire cryptocristalline. Plus loin, se déposent les carbonates. La sidérose est englobée par les parties calcaires de la gangue et partant de là elle envahit les oolithes. Le quartz est toujours très corrodé. Les organismes montrent une grande complexité ; certains restent calcaires, dans d'autres la sidérose ou le silicate se substituent à la calcite.

Micheville (*).

Nous avons fait de nombreux prélèvements dans les niveaux supérieurs actuellement exploités à Micheville. Par contre, nous ne disposons que de quelques échantillons des couches grise et noire.

Au-dessus du niveau L_3 correspondant à la couche rouge on rencontre plusieurs dépôts calcaires et silicatés.

(*) S. Caillère, F. Kraut, *Bull. Museum Hist. Nat.*, 2e série, t. 22, n° 2, 1950, p. 320-324.

Source : MNHN, Paris

Niveau marneux.

Nous ne décrirons pas la couche L_1 mal définie à Micheville, mais il nous paraît intéressant d'éludier le banc de « marnes » qui recouvre l'ensemble de la formation. Il s'agit d'un dépôt phylliteux, riche en organismes disposés suivanl les plans de schistosité.

Cette roche esl très siliceuse et n'a pas la composition d'une marne.

Calcaire ferrugineux L_1-L_2.

Cet horizon rappelle les minerais de la couche rouge. Des oolithes ferrugineuses y sont serties dans une gangue calcaire imprégnée de stilpnosidérite. Très fossilifère, il contient peu de quartz clastique. Certains échantillons ont un ciment micacé.

En lumière réfléchie on observe des fragments remaniés dans lesquels les oolithes opaques et des grains de quartz sont cimentés par la goethite.

Couche L_2.

La couche rappelle le calcaire L_1-L_2, mais elle englobe des « nodules » ferrugineux qui doivent leur nom au grand nombre d'oolithes et à l'abondance de la stilpnosidérite dans la gangue.

Intercalaires L_2-L_3.

Ce niveau montre une certaine variation de structure et de composition. On y reconnaît un faciès calcique et ferrugineux et un faciès silicaté.

Faciès calcique. — C'est un minerai du type couche rouge avec des oolithes ferrugineuses et un ciment calcaire qui englobe de nombreux fragments de quartz. La stilpnosidérite se dépose dans la gangue où la goethite cristallise également. Comme particularité, on peut signaler l'existence de feldspath dans ce faciès.

Les mineurs appellent « hématite » des lits oolithiques dépourvus de calcite dont la gangue est formée par la goethite et la stilpnosidérite concrétionnée.

Faciès silicaté. — Le faciès silicaté est extrêmement riche en organismes calcaires et phylliteux. Il renferme des fragmenls de quartz, les oolithes font défaut. On y observe cependant de petits ovoïdes silicatés sans structure concentrique, et plus ou moins envahis par la sidérose. Le ciment présente deux aspects, parfois la calcite y prédomine, ailleurs le silicate devient le constituant essentiel. Ce dernier englobe de longues paillettes de mica, des débris de felspath et de très nombreux rhomboèdres de sidérose.

Couche L_3.

Il n'y a aucune différence enlre le niveau L_3 et les horizons supérieurs. C'est une couche rouge typique.

L'analyse thermopondérale a permis d'établir la composition mi-

Source : MNHN, Paris

néralogique suivante : hydroxyde de fer 30 %, calcite 40 %, silicate et quartz 30 %.

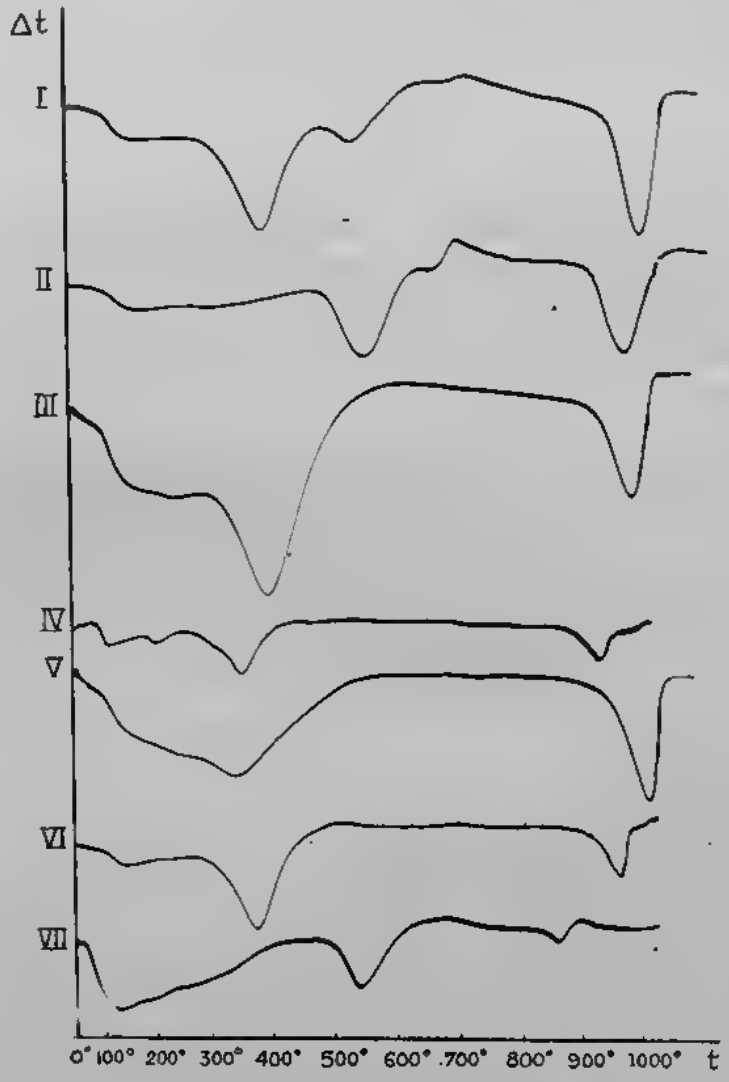


Fig. 8. — Courbes thermiques différentielles des minerais de Micheville. I. — Couche L_6. II. — Intercalaire silicaté L_5-L_6. III. — Intercalaire ferrugineux L_3-L_5. IV et V. — Couche L_3. VI. — Intercalaire L_2-L_3. VII. — Niveau marneux.

Couche L_1.

La composition minéralogique du dépôt accuse un changement notable à partir de la couche L_4 où le ciment devient essentiellement phylliteux. La sidérose accompagne le silicate formant des cristaux isolés ou des agrégats autour des fragments de quartz.

Source : MNHN, Paris

Analyse thermique.

Les courbes thermiques (fig. 8) groupées dans le tableau ci-dessus donnent une image très démonstrative des caractères minéralogiques des matériaux décrits. Toutes mettent en évidence la calcite dont le crochet est parfois très important, et à l'exception du niveau marneux, l'hydroxyde de fer.

Les silicates et la sidérose apparaissent dans les marnes au toit du gîte, ainsi que dans l'intercalaire L_2-L_3 et dans la couche rouge.

Etude thermopondérale.

La composition virtuelle calculée à partir des pertes de poids

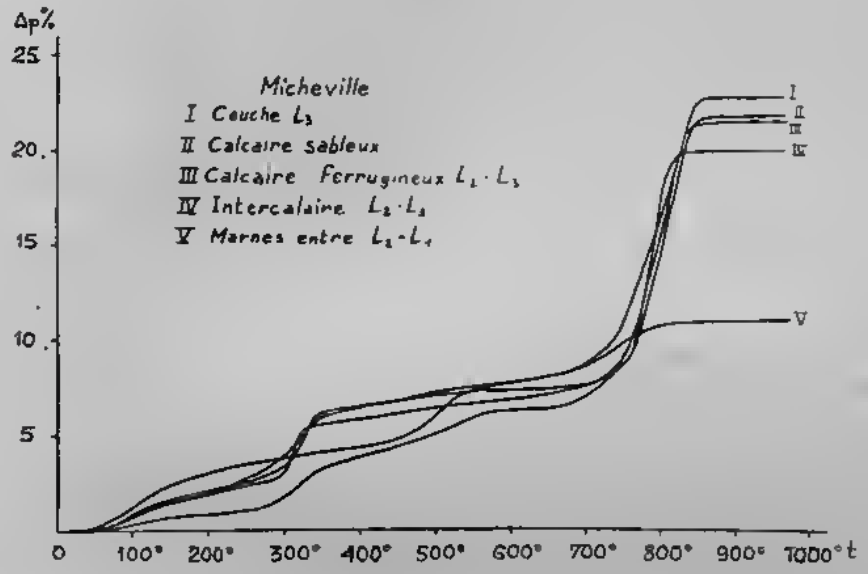


Fig. 9. — Courbes thermopondérales des minerais de Micheville.

(fig. 9) subies au cours du chauffage par les différents échantillons est représentée dans le tableau ci-après :

Niveaux	Stilpnosidérite	Goethite	Calcite	Illite	Autres minéraux par différence
Marnes		10 %	10 %	50 %	30 %
Calcaires ferrugineux	5 %	30 %	35 %		30 %
Couche L_2		30 %	30 %		40 %
Intercalaires L_2—L_3	5 %	35 %	30 %		30 %
Couche L_3	3 %	27 %	40 %		30 %

Ces chiffres confirment que la partie exploitée du gisement ne dépasse pas le faisceau supérieur calcaire et ferrugineux du bassin.

Source : MNHN, Paris

Audun-le-Tiche (*).

Nous avons pu recueillir dans la mine d'Audun-le-Tiche des échantillons de tous les niveaux minéralisés depuis la couche rouge jusqu'à la couche verte.

Couche rouge.

On divise habituellement ce niveau en 3 zones désignées couche rouge supérieure, moyenne et principale. Nous avons examiné des échantillons provenant de ces différentes parties et constaté entre eux une certaine analogie. En effet, quel que soit l'endroit du prélèvement, la plupart des oolithes ferrugineuses se sont développées autour d'un fragment d'organisme épigénisé par la goethite. Dans l'enveloppe ce minéral alterne avec la stilpnosidérite ; tantôt l'un, tantôt l'autre de ces constituants prédomine et il arrive même que l'un d'eux forme à lui seul la zone corticale.

En outre, on observe des éléments clastiques quartz et fragments complexes dans lesquels les ovoïdes et les organismes, pour la plupart opaques, sont sertis dans un ciment de goethite bien cristallisée.

Le niveau renferme de nombreux fossiles calcaires et ferrugineux, certains montrent l'association de ces deux minéraux. Parfois la phyllite se joint à la calcite et on trouve également quelques tissus phosphatés.

Les oolithes et les organismes laissent peu de place à la gangue calcaire dans laquelle on remarque, par endroits, la goethite et plus rarement de petits ilots de silicate.

Ce niveau est une couche rouge typique, comme le montre aussi la courbe thermique (c. I, fig. 10). Elle comporte deux crochets endothermiques très importants : le premier à 300° caractéristique de la goethite, le second à 900° dû à la dissociation de la calcite. L'inflexion à 150° doit être rapportée à la stilpnosidérite.

Intercalaire rouge jaune.

L'intercalaire rouge jaune renferme d'assez nombreuses oolithes ferrugineuses. Il est riche en quartz et très fossilifère. Les organismes y sont calcaires et ferrugineux et quelques-uns silicatés. Dans la gangue coexistent la calcite et une masse légèrement silicatée où abonde la stilpnosidérite. On observe de nombreux petits débris de quartz et des lamelles de mica.

Couche jaune.

La couche jaune se distingue assez peu de l'horizon précédent. La gangue carbonatée, localement phylliteuse, englobe des oolithes ferrugineuses et de nombreux fossiles. Il faut souligner l'importance du quartz clastique qui lui donne le faciès d'un grès ferrugineux.

En général, par sa constitution la couche jaune se place plus près

(1*) S. Caillère, F. Kraut, C. R. Congrès A.F.A.S., Toulouse, 1950, p. 349-54.

Source : MNHN, Paris

de la couche rouge que de la couche grise. Cette affinité est particulièrement nette à Audun-le-Tiche où la calcite est le seul carbonate de la couche jaune.

En dehors des crochets des hydroxydes de fer et de la calcite, la courbe thermique (c. It, fig. 10) comporte vers 500° une inflexion imputable à la « chlorite ».

Couche grise.

On rencontre dans ce niveau de nombreux amas calcaires qui le rendent, dans son ensemble, très carbonaté. Le minerai décrit a été pris en dehors de ces accidents.

Les oolithes sont plus ferrugineuses encore que dans les niveaux supérieurs tandis que dans le ciment apparaissent la phyllite et la sidérose. Le silicate remplit, en effet, presque complètement les espaces entre les oolithes, par endroits seulement le ciment devient carbonaté. tl englobe quelques débris de quartz parfois corrodés, des fragments complexes analogues à ceux de la coucbe rouge et un grand nombre d'organismes opaques.

Dans la couche grise, le minerai accuse un changement net de composition, la calcite disparaît, la chlorite prend de l'importance dans la gangue et la goethite, c'est-à-dire le fer ferrique, joue un rôle considérable.

La courbe tbermique (III, fig. 10) met surtout en évidence la goethite. L'inflexion due à la deshydratation du silicate y apparaît assez nettement tandis que la calcite est à peine révélée par un très léger accident.

Couche brune.

Examinées au microscope, les oolithes ferrugineuses se confondent presque avec le ciment peu abondant et dont le support phylliteux et calcaire est profondément imprégné par l'hydroxyde de fer.

La goethite est en voie de cristallisation dans la gangue où on reconnaît de minuscules débris et quelques gros fragments de quartz.

Moins nombreux que dans les autres minerais, les organismes sont surtout calcaires.

La couche brune ne s'intègre pas bien dans la zone moyenne, la sidérose y fait défaut, mais il faut remarquer qu'il n'y a que peu de calcite. La particularité la plus remarquable est la nature ferrugineuse de sa gangue.

La courbe thermique (IV fig. 10) confirme la richesse en goethite et indique la présence de silicate, ce minéral doit être masqué en partie par l'hydroxyde de fer et, de ce fait, est difficilement décelé au microscope.

Couche noire.

Nous décrirons de ce niveau deux faciès bien différents.

Minerai du Grand travers blanc. — Une gangue, tantôt calcaire tantôt ferrugineuse, englobe des oolithes formées par la goethite et

Source . MNHN, Paris

la stilpnosidérite et une multitude de fragments de quartz. La muscovite et la phyllite apparaissent dans les espaces interoolithiques où l'on découvre également quelques rhomboèdres de sidérose.

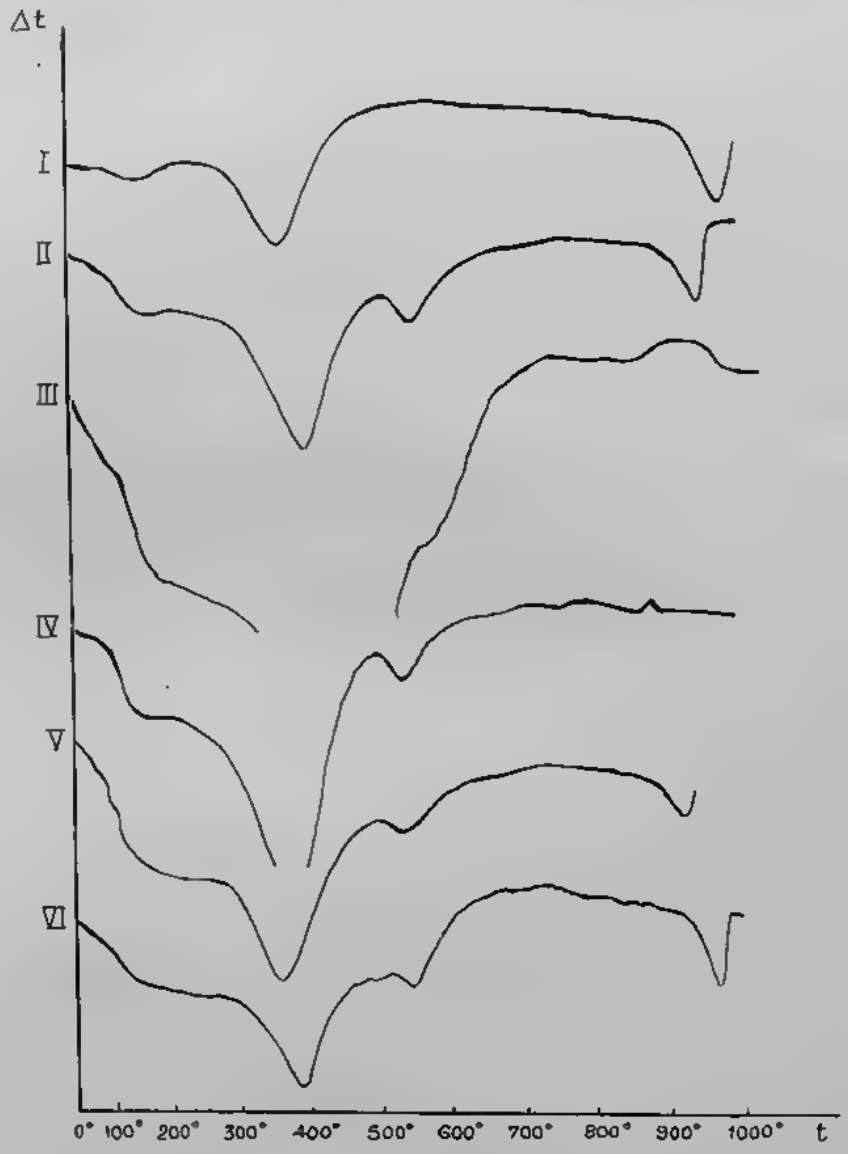


Fig. 10. — Courbes thermiques différentielles des minerais d'Audun-le-Tiche. I. — Couche rouge. II. — Couche jaune. III. — Couche grise. IV. — Couche brune. V. — Couche noire. VI. — Couche verte.

La courbe thermique (V fig. 10) montre assez bien développés les crochets de la stilpnosidérite et de la calcite, à 550° une inflexion est

Source : MNHN, Paris

provoquée par la déshydratation de la phyllite et la dissociation de la sidérose.

Minerai de la diagonale 3 bis. — Nous avons prélevé au chantier 1, un échantillon bien curieux qui se distingue nettement du minerai que l'on vient de décrire. Dans cet échantilton où les oolithes et les organismes deviennent extrêmement rares, le quartz est le constituant essentiel. Il se présente avec des contours anguleux montrant son origine détritique. Sur la gangue calcaire et silicatée se détachent des cristaux de sidérose. Le ciment englobe, en outre, des fragments assez nombreux de feldspath orthose, microcline et plagioclase, minéraux rares dans les minerais de fer.

Cette couche noire n'a pas d'individualité bien marquée. D'une part on y trouve des minerais rappetant la couche rouge et de l'autre des roches de type gréseux.

Intercalaire noir-vert.

L'intercalaire se distingue nettement des horizons supérieurs. Tandis que dans les échantillons précédemment décrits, la phyllite a un rôle accessoire, elle prend ici une importance primordiale aussi bien dans les oolithes que dans la gangue. Elle intervient également dans la constitution des organismes.

En plaque mince, on aperçoit dans la gangue d'un vert foncé des oolithes dont l'aspect varie d'un endroit à l'autre. Tantôt elles sont presque entièrement formées par le silicate d'un vert olive, tantôt elles sont phylliteuses et carbonatées. Dans ce cas, on a affaire à des ovoïdes plus ou moins corrodés complétés par la sidérose. Le carbonate présente alors une structure fibreuse, les fibres convergent vers le centre de l'oolithe. Parfois il ne subsiste qu'un faible résidu phylliteux mais on n'observe jamais une oolithe entièrement carbonatée.

Dans les organismes, la « chlorite » s'associe à la calcite ou à la pyrite, plus rarement elle épigénise seule les fossiles.

Les fragments de quartz sont englobés et corrodés par la sidérose, néanmoins on reconnaît leur forme initiale.

Nous avons vu plus haut que la gangue possède une coloration verte plus foncée que celle des oolithes. L'examen en lumière réfléchie explique ces différences de teintes. On reconnaît, en effet, dans la phyllite des espaces interoolithiques des cristallites de goethite, c'est à ces inclusions ferrugineuses que la gangue doit sa coloration plus foncée.

En dehors du faciès à oolithes silicatées, on trouve dans cet intercalaire des échantillons à ovoïdes ferrugineux.

Couche verte.

On retrouve dans la couche verte la composition et les particularités structurales de l'intercalaire phylliteux.

La courbe thermique (VI, fig. 10) révèle par deux crochets endothermique à 500° et à 530° la « chlorite » et la sidérose. La calcite est mise en évidence par un accident bien marqué à 900°.

Source : MNHN, Paris

Etude thermopondérale.

Pour donner une idée de la composition quantitative des six couches minéralisées, nous avons fait appel à l'analyse thermopondérale

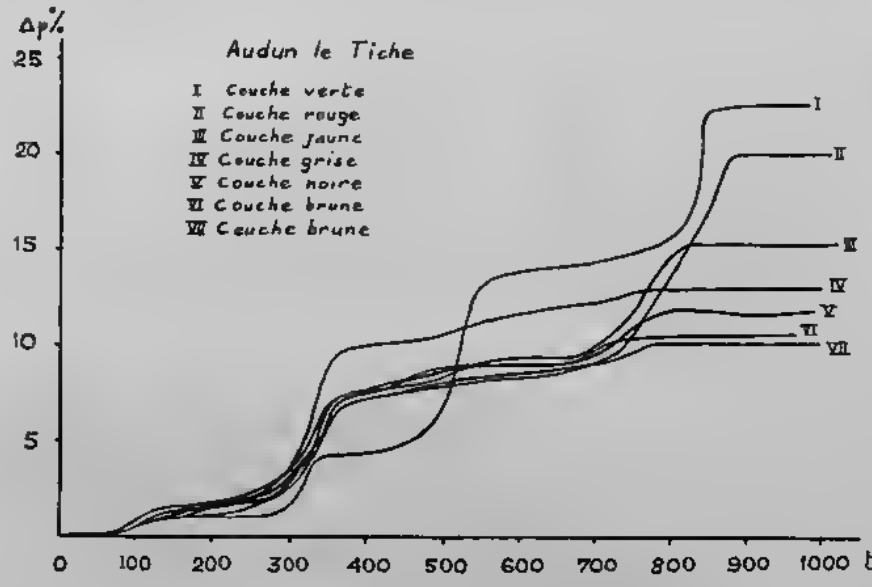


Fig. 11. — Courbes thermopondérales des minerais d'Audun-le-Tiche.

(fig. 11). On trouvera dans le tableau ci-dessous les résultats fournis par cette méthode.

Minéraux	% dans les couches					
	rouge	jaune	grise	brune	noire	verte (*)
Stilpnosidérite ...	10	10	3	7	10	10
Goethite.....	40	40	70	60	40	36
Calcite.....	30	15	2	3	10	20
Autres minéraux .	20	35	25	30	40	34

(*) Des chiffres erronnés ont été donnés dans notre étude parue dans *Bull. Hist. Nat. Toulouse* (69e Congrès l'A. F. A. S.) 1950, p. 349-354.

Les chiffres de la dernière ligne, obtenus par différence, représentent principalement quartz, phyllite et sidérose. En complétant l'examen microscopique par les données consignées dans ce tableau, on peut dire que la partie supérieure du gisement est relativement calcaire, qu'une concentration en hydroxydes de fer caractérise les niveaux moyens, tandis que les couches inférieures sont fortement silicatées.

Source : MNHN, Paris

Villerupt.

Du gîte de Villerupt nous avons étudié les couches rouge et grise et les stériles calcaires qui recouvrent la formation.

Banc calcaire.

La couche rouge est surmontée par un banc calcaire fossilifère à oolithes ferrugineuses.

Au milieu du dépôt la gangue devient en partie phylliteuse. Elle englobe de nombreux rhomboèdres de sidérose et parfois même des cristaux automorphes de calcite. Dans les zones silicatées, imprégnées d'hydroxyde de fer, le quartz clastique abonde.

Stérile entre le banc calcaire et la couche rouge.

L'hydroxyde disparaît dans la plus grande partie du niveau.

Les oolithes sont formées par un silicate vert dans une gangue carbonatée, localement phylliteuse. La sidérose se dépose en gros cristaux dans le ciment. Elle cristallise aussi dans les ovoïdes dont beaucoup sont transformés en véritables agrégats carbonatés.

A la base du stérile, les oolithes redeviennent ferrugineuses.

Couche rouge.

La couche rouge a une composition assez aberrante, la gangue étant plus phylliteuse que carbonatée. Dans le silicate imprégné d'hydroxyde se développent de nombreux cristaux de sidérose.

Au mur de la couche ces deux minéraux sont nettement séparés, on est en présence d'un minerai de type couche grise où le « silicate » vert occupe une grande partie des espaces interoolithiques et où le carbonate forme des agrégats et corrode le quartz.

Couche grise.

Si la couche rouge est silicatée, surtout en sa partie inférieure, la couche grise, elle, comporte des accidents calcaires et ferrugineux. Par ailleurs, le minerai présente la composition habituelle. Une gangue formée par le silicate vert et la sidérose sépare des oolithes ferrugineuses.

Tiercelet.

Le gîte de Tiercelet appartient à la zone sud du bassin de Longwy. Nous avons examiné des échantillons des couches rouge et verte prélevés respectivement dans les galeries 33 et 30.

Calcaires ferrugineux.

Au-dessus de la couche rouge se trouve un niveau peu oolithique, où la gangue varie d'un prélèvement à l'autre. En général, elle est calcaire, mais parfois silicatée et ferrugineuse et dans ce cas la calcite y forme des rhomboèdres parfaits ; on observe aussi une petite quantité de sidérose dans la phyllite.

Source : MNHN, Paris

Couche rouge.

Le minerai de la couche rouge est cimenté par une gangue calcaire, localement phylliteuse imprégnée de stilpnosidérite. Le quartz abonde, notamment au mur de la couche, où un agrégat complexe de calcite, de silicate ferrugineux et de sidérose forme la gangue. Les oolithes restent ferrugineuses dans toute l'épaisseur de la couche.

Stérile au dessus de la couche verte. (6e parallèle en aval de la galerie 30).

On distingue dans le niveau plusieurs faciès.

A la partie supérieure, dépourvue d'hydroxyde, on ne voit que quelques oolithes silicatées dans une gangue phylliteuse où cristallise la sidérose.

Plus bas, le nombre des oolithes augmente, et dans la gangue, en dehors du silicate et de la sidérose, la calcite forme des masses étendues.

Au mur de l'intercalaire, le quartz s'accumule à nouveau, les oolithes silicatées cèdent la place à des concrétions ferrugineuses et le ciment vert silicaté englobe des cristaux de sidérose et de nombreux organismes calcaires.

Couche verte.

Au sommet, le minerai renferme des oolithes silicatées corrodées et complétées par la sidérose et la calcite. La phyllite radiale les entoure, puis la calcite achève généralement le remplissage des vides. Il n'existe que peu de quartz corrodé.

Les organismes sont calcaires, silicatés, quelques-uns ferrugineux.

A la base de la couche les oolithes deviennent plus ferrifères.

Brehain.

Du gîte de Bréhain, voisin de Micheville, nous avons examiné la couche rouge.

Les oolithes y sont ferrugineuses et la gangue elle-même fortement imprégnée de stilpnosidérite. L'hydroxyde de fer se fixe, en effet, dans les espaces interoolithiques occupées par une masse calcaire et silicatée. Le minerai renferme des fragments de quartz et des organismes calcaires et ferrugineux.

B. – BASSIN D'OTTANGE.

Le bassin d'Ottange est limité à l'ouest par les failles d'Audun-le-Tiche, Crusnes, Mercy-le-Haut et à l'est par celles d'Hayange et d'Avril. Nous le diviserons en deux régions séparées par les failles d'Ottange, d'Audun-le-Roman et Bonvillers.

Source : MNHN, Paris

a) Partie Ouest.

Montrouge.

Nous avons trouvé dans la collection Bichelonne des préparations se rapportant au sondage 11 qui a recoupé les couches rouge, jaune, grise, brune, noire et verte, ainsi qu'un certain nombre d'intercalaires.

Couche rouge.

Au-dessus de la couche rouge, le sondage a d'abord touché un grès dans lequel quelques débris de feldspath accompagnent le quartz. Les éléments clastiques sont cimentés par une gangue très ferrugineuse où se déposent de nombreux cristaux de sidérose.

La couche rouge elle-même est divisée en trois parties, supérieure, moyenne et principale.

La couche rouge supérieure est caractérisée par un large ciment calcaire très fossilifère. Les organismes sont calcaires, ferrugineux et silicatés. En général, une épaisse enveloppe de goethite entoure les fossiles calcaires. Le nombre des oolithes croît de haut en bas.

Un dépôt de quartz, appelé marnes ferrugineuses, sépare les couches rouge supérieure et moyenne. Les oolithes mal formées sont entassées dans une gangue constituée par la calcite, la sidérose et un silicate ferrugineux.

Dans la couche moyenne, la gangue est plus silicatée que calcaire. Dans les portions phylliteuses la sidérose et la calcite se présentent en cristaux automorphes séparés. De petits débris de quartz et des lamelles de mica y abondent. Par endroit, ces éléments clastiques s'accumulent. La gangue se charge alors de stilpnosidérite.

La couche rouge principale est dans son ensemble moins ferrugineuse et moins silicatée que la couche moyenne ; on peut plutôt la rapprocher de la couche supérieure.

Couche jaune.

La couche jaune est encore un niveau riche en hydroxyde. Les oolithes s'entassent dans la gangue calcaire pure ou ferrugineuse. Quelques fossiles silicatés s'ajoutent aux organismes calcaires et aux tissus épigénisés par la goethite.

Couche grise.

Nous avons examiné de nombreuses préparations correspondant à 3 sondages (S-45, S-9 et S-6). La plupart représentent un minerai calcaire et ferrugineux.

Le crassin du toit, où se déposent le silicate et la sidérose, en cristaux isolés, est un intercalaire phylliteux.

Puis, le niveau prend le faciès d'une couche rouge et le minerai typique à silicate vert semble se réduire à un accident traversé par le sondage 9.

Source : MNHN, Paris

Calcaire ferrugineux.

Les calcaires ferrugineux conservent encore en partie les traits principaux des couches supérieures. Leur gangue est formée par la calcite, cependant le silicate et la sidérose leur donnent les caractères d'un intercalaire.

Ce faciès se généralise dans les marnes sous-jacentes où la calcite devient moins abondante et où le nombre des oolithes diminue.

Couche brune.

A Montrouge, la couche brune est le premier niveau où l'on voit le silicate occuper des aires homogènes dans la gangue. Cependant, il y voisine encore avec des parties calcaires. Les fragments de quartz sont intacts car la sidérose se dépose en cristaux distincts, uniquement dans le silicate.

Marnes ferrugineuses et silicifiées.

Au-dessous de la couche brune, on rencontre un dépôt très quartzeux auquel on a donné à tort le nom de marnes silicifiées. En réalité, c'est un intercalaire banal où les oolithes se font rares et parfois même disparaissent totalement. Dans la gangue on distingue la calcite et un silicate verdâtre parsemé de cristaux de sidérose. Les organismes sont calcaires et silicatés, exceptionnellement épigénisés par l'hydroxyde de fer.

Couche noire.

Le minerai de la couche noire possède une gangue calcaire et ferrugineuse. Le nombre très élevé des débris de quartz et la présence de mica expliquent la fixation de la stilpnosidérite dans le ciment.

Quant aux oolithes, elles demeurent ferrugineuses. Ajoutons que la sidérose y cristallise en quantité exceptionnelle.

Marnes.

Avec les marnes situées au-dessous de la couche noire, la composition minéralogique et la structure de la formation accusent un changement notable.

Les oolithes révèlent leur nature silicatée, quoique plus ou moins teintées d'un pigment ferrugineux. Elles sont déformées et rappellent, par leur aspect laminé, la couche verte. Par contre, dans la gangue l'hydroxyde de fer colloïdal fait complètement défaut ; un silicate vert y prédomine, truffé de cristaux de sidérose. Ces « marnes » englobent une multitude de fragments de quartz, des lamelles de mica et des débris de feldspath. On remarque quelques organismes calcaires et silicatés.

Couche verte.

Immédiatement au-dessous des marnes, s'épanouit la couche verte.

Les oolithes de grande taille sont plus ou moins remplacées par la sidérose. Dans les ovoïdes intacts ou restés en partie silicatés on

Source : MNHN, Paris

voit bien la structure concentrique initiale, alors que les parties carbonatées sont grenues. Comme les oolithes, la gangue est formée par la phyllite verte et la sidérose. Elle englobe des organismes calcaires, plus rarement silicatés. Le quartz fait totalement défaut.

Il existe aussi un type de minerai à structure mal organisée où la calcite forme de larges agrégats de cristaux maclés. La sidérose continue à se déposer dans la gangue et dans les ovoïdes dont certains sont comme résorbés dans le ciment phylliteux. On observe dans ces échantillons des fragments de quartz englobés par le carbonate de fer.

Il existe, enfin, un troisième faciès que l'on peut rapprocher de la couche grise idéale. Les ovoïdes, plus ferrugineux, sont entourées par un liséré de silicate vert à peine cristallisé, puis la sidérose occupe le reste des espaces interoolithiques. Les quelques fragments de quartz sont fortement corrodés par le carbonate de fer.

Iua-Amelie.

On trouvera ici la description de tous les niveaux minéralisés à l'exception de la couche verte.

Couche rouge.

Au toit de la couche rouge se trouve un dépôt quartzeux très fossilifère. Il est constitué par des fragments de quartz englobés dans une masse silicatée. On y remarque des lamelles de mica et quelques rhomboèdres de calcite. L'hydroxyde fait défaut.

Au-dessous, la couche est d'abord peu oolithique avec une masse de calcite très abondante, puis le nombre des ovoïdes et des fossiles augmente et la gangue devient par endroits silicatée, riche en hydroxyde. Cette couche rouge est peu siliceuse.

Couche jaune.

Au sommet, les oolithes sont serties dans une gangue carbonatée où la calcite englobe des agrégats très étendus de sidérose. Le quartz est corrodé par le carbonate de fer.

Plus bas, coexistent un faciès silicaté et une variété de minerai calcaire, que l'on peut rapprocher de la couche rouge. Les organismes sont calcaires, ferrugineux et parfois phosphatés.

Dans la partie moyenne, la gangue prend, par endroits, l'aspect des intercalaires. La sidérose y forme de nombreux cristaux dans le silicate.

Au mur de la couche, le carbonate de fer devient le constituant essentiel. Il remplace, en partie et parfois totalement, les oolithes silicatées. Ce n'est qu'exceptionnellement que l'on observe des oolithes ferrugineuses. Dans l'ensemble, l'hydroxyde est en voie de disparition.

Couche grise.

La couche grise est un niveau typique. Les espaces interoolithiques sont occupés par le silicate vert et la sidérose. On y trouve peu de quartz, profondément corrodé.

Source : MNHN, Paris

Intercalaire entre les couches grise et brune.

Il n'existe ici que quelques petites oolithes ferrugineuses, noyées dans une masse silicatée et calcaire dans laquelle abondent les cristaux de sidérose. La mica muscovite et quelques débris de microline accompagnent le quartz détritique. Les organismes sont calcaires et silicatés, rarement ferrugineux.

Couche brune.

Les oolithes ferrugineuses et les fragments de quartz intacts sont cimentés par une gangue calcaire ou silicatée. Dans la phyllite, très imprégnée d'hydroxyde de fer, se dépose la sidérose.

On retrouve au-dessous de la couche l'intercalaire grèseux et silicaté que l'on a déjà signalé au-dessus d'elle.

Couche noire.

Les oolithes silicatées, imprégnées de stilpnosidérite, sont reliées par une gangue où la phyllite verte cryptocristalline est accompagnée par la sidérose. Le quartz, très corrodé, est entouré par un double liséré de carbonate de fer et de phyllite.

Errouville.

Le gite d'Errouville est limité au nord-ouest par la faille de Crusnes qui sépare le bassin de Longwy de celui d'Ottange. Nous avions à notre disposition des matériaux de tous les niveaux minéralisés.

Couche rouge.

Cette couche est caractérisée par l'abondance des éléments clastiques.

Dans la partie supérieure, la gangue calcaire renferme, outre les oolithes et les organismes calcaires et ferrugineux, un grand nombre de fragments de quartz et une quantité notable de débris de feldspaths, orthose, microcline et plagioclase. Parfois les organismes calcaires sont entourés d'une enveloppe de goethite.

Dans les parties moyenne et inférieure, le nombre des oolithes est encore assez faible. Le ciment calcaire est très abondant, on y observe des accidents micacés et ferrugineux où la sidérose cristallise en rhomboèdres isolés. Le niveau, alors, devient très fossilifère.

Couche jaune.

La couche jaune est encore un minerai calcaire riche en hydroxyde de fer, cependant, dans la gangue se dépose, en faible quantité, un silicate très imprégné de stilpnosidérite. L'hydroxyde est également fixé dans les espaces interoolithiques lorsque ceux-ci renferment en grand nombre des débris de quartz et des lamelles de mica.

Au mur, la couche devient extrêmement fossilifère, la moitié de la masse étant formée par des organismes calcaires et ferrugineux.

Source : MNHN, Paris

Couche grise.

On retrouve, dans ce niveau, la composition des couches rouge et jaune, avec des oolithes ferrugineuses et une gangue calcaire.

Localement, le silicate se dépose dans le ciment qui est alors très fortement coloré par la stilpnosidérite. Assez souvent, l'hydroxyde de fer colloïdal sépare les cristaux dans l'agrégat calcaire. Il forme aussi un liséré autour des organismes et des fragments de quartz, ceux-ci sont intacts.

Couche noire.

Dans ce niveau, le silicate devient le constituant principal, mais la sidérose joue également un rôle important.

Les oolithes sont encore ferrugineuses. Dans les parties silicatées de la gangue un liséré de « chlorite » radiale verte bien cristallisée les entoure. Dans les parties carbonatées, on observe autour des ovoïdes un liséré de sidérose à structure également radiale, puis un agrégat très finement grenu, ces deux formes de carbonate sont souvent séparées par un mince filet de silicate.

Les organismes sont calcaires, ferrugineux et silicatés, le quartz fait défaut et la marcasite se dépose dans la gangue.

Couche verte.

Au sommet de la couche, les oolithes silicatées ont encore une teinte relativement rouge, surtout dans leur partie centrale. Elles sont souvent très déformées. La gangue verte bien cristallisée montre une structure radiale autour des oolithes, autour des organismes et des agrégats de sidérose.

Plus bas, les oolithes deviennent franchement vertes mais n'atteignent pas la coloration habituelle dans ce niveau. Le quartz clastique apparaît en grande quantité, entouré et corrodé par la sidérose. Aux organismes calcaires s'ajoutent des fossiles silicatés.

La base de la couche est presque dépourvue de carbonate. S'il existe encore quelques organismes calcaires, la sidérose ne forme que de rares cristaux dans la gangue silicatée. Le minerai renferme beaucoup de quartz non corrodé.

En résumé, les niveaux silicatés à sidérose commencent seulement à la couche noire, la couche grise possède encore les caractères des horizons supérieurs.

MURVILLE.

Les échantillons utilisés pour l'étude de ce gisement proviennent presque tous du sondage 4 dont on trouve dans la collection Bichelonne de nombreuses préparations.

Marnes micacées.

C'est un grès formé par des fragments de quartz et une gangue phylliteuse où se déposent la calcite et la sidérose. Le ciment est, en outre, micacé et renferme de très rares oolithes phylliteuses, défor-

Source : MNHN, Paris

mées comme dans la couche verte. On y trouve des organismes calcaires et silicatés. Il n'existe pas d'hydroxyde de fer dans ces marnes.

Calcaire au toit de la formation.

Cette roche, où coexistent des oolithes calcaires et ferrugineuses, présente un grand intérêt au point de vue théorique. On voit, en effet, que les deux types d'ovoïdes ne dérivent pas l'un de l'autre. Les oolithes calcaires ont une structure grenue et sont, en moyenne, deux à trois fois plus grands que les oolithes ferrugineuses qui montrent la structure concentrique habituelle. Les organismes sont entourés d'une enveloppe calcaire et ferrugineuse. On observe des fragments de quartz dans la gangue.

Calcaire marneux.

En réalité, il s'agit d'un grès quartzeux dont le ciment est formé par une « phyllite » verte et par les carbonates de fer et de calcium. On y reconnait des organismes calcaires et silicatés. L'hydroxyde de fer fait complétement défaut.

Calcaire coquiller.

Le calcaire coquiller est une formation très hétérogène, même à l'échelle microscopique. Parfois, on voit dans une préparation l'alternance de trois roches différentes.

L'une d'elles, sans oolithes, est formée par un silicate légèrement teinté d'hydroxyde de fer dans lequel se dépose la sidérose en cristaux rapprochés, plus ou moins arrondis.

La seconde englobe des ovoïdes silicatés légèrement ferrugineux et très déformés. Dans la gangue verte, silicatée, se déposent la sidérose et accessoirement la calcite. Le quartz y est enveloppé et corrodé par la sidérose qui entame aussi les oolithes. Signalons l'existence de quelques organismes calcaires et silicatés.

Le troisième type est caractérisé par une gangue calcaire dans laquelle le silicate vert est sporadique. On le voit plutôt fixé sur les organismes.

Calcaire marneux.

Au-dessous du calcaire coquiller se dépose, à nouveau, un calcaire marneux. C'est une masse de calcite qui renferme des oolithes silicatées vertes et des organismes silicatées et calcaires. La sidérose se présente en cristaux isolés ou en agrégats. Elle s'attaque au quartz et envahit les oolithes.

Couche rouge.

La couche rouge est divisée en deux niveaux séparés par un calcaire gris ferrugineux.

Le toit de la couche supérieure est un dépôt calcaire et ferrugineux, très fossilifère. Le quartz clastique fait défaut. Par contre, on voit de minuscules agrégats de silice secondaire.

Source : MNHN, Paris

Plus bas, la gangue devient en partie silicatée et perd son caractère de couche rouge. Les oolithes elles-mêmes trahissent leur nature phylliteuse par l'alternance de zones vertes à structure concentrique avec des zones ferrugineuses.

Enfin, au mur de la couche supérieure, la calcite disparaît presque totalement et la sidérose forme quelques agrégats.

Dans le calcaire gris ferrugineux, les ovoïdes restent silicatés mais la gangue change. La calcite occupe, en effet, la presque totalité des espaces interoolithiques. Quelques fossiles en goethite représentent l'hydroxyde cristallisé.

La couche rouge inférieure est un dépôt hétérogène. On y retrouve encore la roche à oolithes silicatées, en même temps qu'un minerai calcaire et ferrique.

La couche rouge n'a pas cette complexité dans tout le gisement ; dans la 1re section nord de la mine, par exemple, on trouve un minerai de type calcaire et ferrugineux.

Niveaux marneux.

Au-dessous de la couche rouge s'étend un niveau « marneux » qui est, en réalité, un grés micacé, dépourvu d'hydroxyde, et dont le ciment est phylliteux et carbonaté. On y observe l'association calcite sidérose. La gangue englobe des organismes calcaires et silicatés.

Couche grise.

La couche grise de Murville renferme un minerai magnétique. La magnétite cristallise en masses continues dans la gangue calcaire.

En général, un mince liséré de « chlorite » verte sépare les oolithes phylliteuses du ciment opaque.

A la base de ce niveau, l'oxyde disparaît de la gangue, devient calcaire et peu silicatée.

Calcaires marneux.

Au-dessous de la couche grise, les sondages ont traversé une série calcaire plus ou moins phylliteux et riche en quartz. La gangue, où prédomine la calcite, englobe des oolithes silicatées. Dans les parties phylliteuses du ciment cristallise la sidérose.

Couche noire.

Nous avons étudié les échantillons de la couche noire prélevés au chantier 6.

Au toit de la couche, des oolithes silicatées teintées, par la stilpnosidérite, apparaissent dans une gangue phylliteuse, franchement verte.

Puis, plus bas, la gangue devient en partie carbonatée et la calcite digère la plupart des oolithes. On observe un grand nombre de fragments de quartz, corrodés par la sidérose.

Dans la partie médiane, les oolithes redeviennent, à nouveau, brunâtres comme au toit et le silicate vert abonde dans la gangue.

A la base, les oolithes sont assez nettement ferrugineuses et dans

Source : MNHN, Paris

le ciment calcaire le silicate, de type couche grise, prend une certaine importance. La sidérose entoure les fragments de quartz.

Au mur, nous avons un faciès de couche verte typique. C'est seulement grâce à un léger pigment jaunâtre que l'on arrive à distinguer les oolithes de la gangue.

Landres.

Nous avons examiné trois échantillons de la couche grise de Landres.

Dans l'un des prélèvements, les oolithes ferrugineuses ne sont séparées que par un mince liséré de « chlorite » de sorte que l'hydroxyde joue un rôle peu habituel dans la couche grise.

Dans le second échantillon, très quartzique, les oolithes sont moins nombreuses. La sidérose forme presqu'entièrement le ciment.

Enfin, le troisième spécimen réunit un minerai cimenté par les deux carbonates et la phyllite avec un minerai à gangue de goethite.

Pienne (*).

Nous avons étudié dans le gîte de Pienne les couches rouge, jaune et grise. Cette dernière renferme un accident magnétique.

Couche rouge.

La couche rouge de Pienne, à structure très complexe, est surmontée par un calcaire ferrugineux et comporte plusieurs intercalaires silicatés.

Dans le calcaire ferrugineux, une gangue mixte formée par la calcite et localement par un silicate brunâtre et de la sidérose, englobe quelques oolithes. On y remarque des organismes calcaires, ferrugineux et des fragments de quartz.

Dans la couche rouge supérieure, les oolithes sont riches en hydroxydes. La calcite et un silicate vert, type couche grise, occupent les espaces interoolithiques. Sur le fond transparent se détachent des fragments composés par des oolithes et un ciment ferrugineux.

La couche rouge supérieure se termine par un dépôt de calcaire bleu dépourvu d'hydroxyde. Il est constitué par des oolithes silicatées et par une gangue calcaire et phylliteuse.

La couche rouge moyenne est caractérisée par l'abondance de la sidérose dans la gangue silicatée et calcaire. Les oolithes y sont ferrugineuses.

Puis, on rencontre à nouveau un calcaire bleu à oolithes silicatées. Celles-ci sont corrodées par la sidérose qui se dépose en nombreux cristaux dans la gangue.

Les oolithes ferrugineuses réapparaissent dans la couche rouge inférieure. Dans la gangue prédomine l'association silicate-sidérose, tandis que la calcite disparaît presque totalement.

(*) S. Caillère, F. Kraut, *Bull. Soc. fr. Min.*, t. 69, 1946, p. 83-98.

Source : MNHN, Paris

Couche jaune.

La couche jaune est recouverte d'un erassin coquiller. C'est un calcaire à oolithes silicatées vertes. Dans la gangue se déposent également le silicate et la sidérose qui attaque les oolithes.

Avec la couche jaune supérieure réapparaissent les oolithes ferrugineuses. Elles sont englobées dans une gangue mixte, calcaire, silicatée, riche en sidérose.

La couche jaune supérieure est séparée de la couche jaune inférieure par un banc quartzeux très fossilifére ayant une gangue phylliteuse et carbonatée.

Quant à la couche inférieure, c'est un minerai calcaire et ferrugineux comparable à la couche rouge.

Marnes micacées et ferrugineuses.

Au-dessous de la couche jaune se trouve une formation appelée, à tort, marnes micacées et marnes ferrugineuses. L'une et l'autre ont une gangue calcaire et silicatée mais le quartz elastique est le plus abondant de leurs constituants. La marne ferrugineuse renferme de nombreuses oolithes rouges, tandis que dans la marne micacée l'hydroxyde fait défaut.

Couche grise.

Il existe dans la couche grise, par ailleurs typique, un minerai qui rappelle les couches noire et verte. Les oolithes y sont peu ferrugineuses, souvent déformées, envahies par la sidérose de la gangue. On y remarque des organismes calcaires, ferrugineux et silicatés.

Minerai magnétique.

Le minerai magnétique de Pienne représente une formation complexe où se trouvent associées la goethite, la magnétite et l'hématite.

Les oxydes se déposent dans la gangue et, plus encore, dans les oolithes dont beaucoup sont entiérement opaques. On voit parfois dans l'ovoïde, formé soit par la goethite, soit par la magnétite, des couches concentriques d'hématite bien cristallisée. Il existe, cependant, des oolithes dont l'enveloppe opaque se développe autour d'un fragment carbonaté ou silicaté, emprunté à la gangue. Ce noyau est souvent criblé par de petits cristaux d'oxyde magnétique. Il n'est pas rare que la zone corticale soit, elle aussi, transparente, en général silicatée. Cependant, la magnétite y cristallise toujours plus ou moins abondamment.

Si la magnétite se dépose plus souvent dans le silicate que dans le carbonate de la gangue, l'hématite ne montre pas de préférence pour l'un ou l'autre de ces constituants.

Les sulfures de fer, pyrite et marcasite, cristallisent, en outre, dans les espaces interoolithiques.

Les organismes carbonatés accueillent aussi la magnétite et l'hématite et beaucoup d'entre eux sont entiérement remplacés par ces

Source : MNHN, Paris

oxydes. Notons que les minerais magnétiques renferment aussi des fossiles silicatés et phosphatés.

Le quartz clastique y fait complétement défaut.

La Mourière.

Nous avons pu étudier toutes les couches de ce gisement avec les préparations de la collection Bichelonne.

Couche rouge.

On trouve dans la couche rouge, en dehors du faciès typique calcaire et ferrugineux, deux catégories de minerais.

Dans l'un, la sidérose se dépose dans une gangue silicatée, plus ou moins imprégnée par l'hydroxyde.

L'autre rappelle les intercalaires, il est riche en quartz et renferme des fragments de feldspath et des fossiles silicatés.

Couche jaune.

Ce niveau diffère de la couche rouge.

Les espaces interoolithiques sont occupés par une masse silicatée. ferrugineuse et localement calcaire. On y trouve, outre de nombreux fragments de quartz, des débris de feldspaths. Les oolithes ferrugineuses sont mal développées.

Couche grise.

Contrairement à la règle, la couche grise de la Mourière est un dépôt très ferrugineux.

Les oolithes d'un rouge vif sont serties dans une gangue à la fois silicatée et calcaire où se déposent la sidérose et par endroits la goethite. Celle-ci épigénise la plupart des organismes.

Couche brune.

Nous avons distingué dans la couche brune deux sortes de minerais ; l'un calcaire et ferrugineux, l'autre silicaté.

Le second possède une gangue formée par des cristaux de calcite et un agrégat phylliteux et micacé. On y observe une multitude de fragments de quartz et des débris de feldspath.

Couche noire.

Le faciès calcaire et ferrugineux se retrouve encore dans la couche noire. Il existe, cependant, un minerai dont la gangue est constituée par un silicate vert et la sidérose. Le carbonate de fer prédomine et corrode les fragments de quartz.

Couche verte.

Comme nous l'avons vu, toutes les couches décrites jusqu'à présent conservent, du moins en partie, une gangue calcaire ; par contre, la couche verte est pratiquement dépourvue de carbonate.

Source : MNHN, Paris

Cependant, nous ne sommes pas en présence d'un minerai ayant les propriétés spécifiques des niveaux inférieurs. En effet, les oolithes restent ferrugineuses et la plupart des organismes sont épigénisés par la goethite. Un silicate, vert sans structure microscopique, forme la gangue mais autour des fragments de quartz se dépose une enveloppe ferrugineuse.

Amermont.

Nous avons étudié des échantillons de la couche grise communiqués par l'I.R.S.I.D., en outre, nous avons trouvé dans la collection Bichelonne des préparations du sondage 2 portant des désignations particulières.

Couche supérieure.

Ce terme de couche supérieure désigne un ensemble composé de niveaux très différents.

La roche du toit est caractérisée par l'abondance du quartz clastique et le grand nombre des organismes calcaires, ferrugineux et silicatés. On y voit quelques oolithes ferrugineuses dans une masse de calcite et de silicate mal séparés qui englobe de beaux cristaux de sidérose.

Au-dessus du toit, les oolithes deviennent plus nombreuses, mieux formées et la roche s'enrichit en sidérose.

Puis, plus bas, le minerai prend l'aspect habituel d'une couche rouge. La calcite prédomine dans la gangue, toutefois, il reste un peu de sidérose autour des fragments de quartz.

Un changement essentiel se produit avec le niveau désigné « calcaire marneux gris bleu ». Les oolithes y sont silicatées, partiellement ou presque complètement remplacées par des cristaux de sidérose. Ceux-ci viennent de la gangue où ils accompagnent la calcite et le silicate. L'hydroxyde de fer a pour ainsi dire disparu, les organismes eux-mêmes étant calcaires et silicatés.

Dans le calcaire « marneux vert brunâtre » les oolithes sont à nouveau ferrugineuses, mais la gangue reste formée par le silicate et les deux carbonates.

Au mur de la couche supérieure, on revoit le faciès couche rouge, calcaire et ferrugineux.

Marnes entre la couche supérieure et la couche grise.

Dans cet ensemble encore très hétérogène, les dépôts franchement oolithiques alternent avec des sédiments qui en sont presque dépourvus.

Les ovoïdes sont ferrugineux. La gangue silicatée renferme généralement les carbonates de calcium et de fer. Il faut signaler l'abondance des fossiles et du quartz détritique.

Source : MNHN, Paris

Couche grise.

Au toit de la couche grise coexistent un minerai calcaire et ferrugineux et une sorte d'intercalaire silicaté, pauvre en oolithes.

Plus bas, on trouve une couche verte typique où le silicate vert domine dans le ciment.

A la base de la couche, les oolithes deviennent silicatées et le ciment essentiellement calcaire. La sidérose se cantonne dans quelques accidents « chloriteux » et forme une petite enveloppe aux fragments de quartz.

Marnes entre la couche grise et la couche inférieure.

On trouve entre la couche grise et la couche inférieure, un ensemble de « marnes ».

Ce dépôt très fossilifère et riche en calcaire est cimenté par un silicate vert et les deux carbonates. Ces roches ne renferment qu'exceptionnellement des oolithes ferrugineuses. En général l'hydroxyde y fait défaut.

Couche inférieure.

Au sommet de la couche inférieure, la gangue tantôt calcaire, tantôt silicatée, se charge d'oolithes ferrugineuses. La sidérose cristallise dans la phyllite. On y remarque des ilôls gréseux où s'accumule une quantité extraordinaire de débris de quartz. Ces fragments sont entourés par une mince enveloppe ferrugineuse ou par un agrégat de sidérose. Par endroits, la calcite disparaît de la gangue et il reste, dans les espaces interoolithiques, une masse phylliteuse d'un beau vert dans laquelle la sidérose cristallise en rhomboèdres également répartis.

A la base du niveau, la roche est extrêmement riche en quartz. Les quelques oolithes silicatées que l'on y découvre sont déformées, comme celles d'une couche verte. Dans la gangue alternent la calcite et le silicate criblé de sidérose.

Calcaire verdâtre et marnes bleues verdâtres.

Au-dessous de la couche inférieure, on rencontre une formation silicatée sans hydroxyde de fer. Elle comprend les calcaires verts et les marnes bleues.

Dans les calcaires on distingue deux types de roches.

L'une d'elles possède effectivement un ciment calcique qui englobe des oolithes silicatées.

L'autre n'est qu'une masse phylliteuse garnie de cristaux jointifs de sidérose.

Avec les marnes, nous avons affaire à un véritable faciès de couche verte. Les ovoïdes ont une belle structure concentrique, ils sont entourés d'un liséré de silicate radial d'un vert plus foncé que la zone corticale. Dans la gangue prédomine tantôt la sidérose, tantôt la phyllite.

Source : MNHN, Paris

b) Partie Est.

Ottange (*).

Le gisement d'Ottange comporte trois exploitations : Ottange I, II et III. Nous avons d'abord étudié des matériaux conservés dans les collections du Collège de France et dont on ignore les points de prélèvements. D'autre part, nous avons recueilli une série d'échantillons dans la mine d'Ottange III. Enfin, la collection Bichelonne a permis d'étendre nos observations aux mines d'Ottange I et II.

Ottange I.

Couche rouge calcareuse.

Au toît, une gangue calcaire englobe des oolithes ferrugineuses et des organismes calcaires, ferrugineux et parfois phosphatés.

Dans la zone moyenne et à la base du niveau, le ciment devient en partie phylliteux et se charge de stilpnosidérite. On y observe aussi quelques fossiles silicatés. Le minerai est assez pauvre en quartz.

Bough rouge et marnes.

Le bough qui succède à la couche rouge n'accuse aucune différence essentielle avec elle ; cependant, il est plus fossilifère et plus riche en quartz.

Les marnes sous-jacentes restent calcaires et ferrugineuses, cependant, elles renferment une phyllite verte. Le nombre des organismes silicatés s'accroît.

Couche jaune sauvage.

La partie supérieure de la couche jaune sauvage est un bel exemple de minerai calcaire et ferrugineux. Les oolithes atteignent des dimensions considérables et on y voit des fragments complexes à oolithes et gangue ferrugineuses.

Plus bas, le silicate très imprégné de stilpnosidérite partage, avec la calcite, les espaces interoolithiques.

Marnes calcaires et bough noir.

Les marnes calcaires et le bough noir séparent la jaune sauvage de la couche jaune.

La marne est caractérisée par une gangue calcaire qui englobe de très grosses oolithes ferrugineuses et des fragments complexes.

Dans le bough noir la sidérose s'ajoute à la calcite et au silicate.

Couche jaune.

Le sommet de la couche est toujours essentiellement calcaire mais dans les parties silicatées, imprégnées de stilpnosidérite, cristallise la sidérose. Le quartz reste intact.

(*) S. Caillère, F. Kraut, *Bull. Soc. fr. Min.*, t. 70, 1947, p. 22-33.

Source : MNHN, Paris

Au milieu de la couche, apparaît le silicate vert, cependant la calcite continue à dominer dans les espaces interoolithiques. La sidérose forme une mince enveloppe autour des fragments de quartz.

A la base, la gangue devient très hétérogène. La calcite persiste en agrégats d'individus maclés, largement cristallisés. Ailleurs, un fonds phylliteux englobe des cristaux de sidérose et des lambeaux de calcite. La présence de petits fragments de quartz et de mica donne à ces portions silicatées l'aspect d'un intercalaire.

Couche grise.

La couche grise reste encore en grande partie calcaire. Ce n'est qu'à la base que l'on trouve un minerai typique cimenté par le silicate vert et la sidérose.

Au mur, la gangue redevient calcaire mais elle comporte des parties phylliteuses, riches en cristaux de sidérose. Les fragments de quartz sont corrodés par le carbonate de fer.

Ottange II.

Couche supérieure.

On trouve réunies sous l'étiquette couche supérieure des roches portant différentes désignations telles que calcaires coquillers et ferrugineux, mine sauvage et couche rouge siliceuse. Elles sont toutes calcaires et ferrugineuses.

Dans la gangue prédomine généralement la calcite, mais le silicate imprégné d'hydroxyde occupe une partie des espaces interoolithiques, en particulier dans la couche rouge siliceuse. Ce niveau, comme d'ailleurs la mine sauvage, est très riche en quartz.

La couche supérieure se termine par le bough rouge, puis par le bough marneux, le premier surtout calcaire, le second silicaté.

Couche rouge calcareuse.

C'est une couche rouge typique à oolithes ferrugineuses et gangue calcaire très abondante, avec quelques fragments de quartz.

Bough rouge et bleu.

Par rapport au niveau précédent, ces deux roches sont beaucoup plus riches en quartz et très fossilifères.

Dans le bough bleu, en particulier, abondent les organismes silicatés. L'une et l'autre roche ont une gangue tantôt calcaire, tantôt silicatée, imprégnée d'hydroxydes.

Couche jaune sauvage.

La couche jaune sauvage ne diffère guère de la couche rouge, sa gangue est une masse de calcite exempte de produits ferrugineux.

Bough bleu et noir.

Le bough bleu est un dépôt gréseux avec peu d'oolithes. Dans la gangue calcaire apparaissent de nombreuses plages de silicate vert.

Source : MNHN, Paris

Par contre, le bough noir est une formation riche en oolithes. La gangue est constituée par le silicate plus ou moins ferrugineux, criblé de cristaux de sidérose ; on y observe des agrégats de calcite très étendus.

Couche jaune.

La couche jaune est formée par une gangue calcaire et des oolithes ferrugineuses. Dans le ciment, on observe souvent l'association du silicate imprégné de produits ferrugineux avec la sidérose.

Couche grise.

Il convient de rattacher à cette couche le calcaire ferrugineux qui la recouvre. En général, la gangue est calcaire mais le silicate vert forme un liséré autour des oolithes et la sidérose englobe les fragments de quartz.

Dans la couche grise le silicate devient plus abondant mais la calcite reste le constituant principal de la gangue.

Au-dessous de la couche, on a distingué un calcaire ferrugineux et des marnes bleues de composition d'ailleurs identique. Il s'agit encore d'un dépôt calcaire dans lequel existent quelques oolithes silicatées vertes et de rares ovoïdes ferrugineux.

Ottange ttt.

Couche rouge calcaire.

C'est une couche rouge très calcaire, mais la gangue comporte des portions silicatées où cristallise la sidérose. Elle englobe quelques oolithes, des fragments de quartz et des organismes calcaires et ferrugineux.

Intercalaire rouge-jaune sauvage.

La roche reste calcaire, cependant, éparpillé dans la gangue ou en agrégats plus larges, apparaît un silicate ferrugineux. Quelques cristaux de sidérose s'y déposent. Les oolithes sont petites. Aux organismes, calcaires et ferrugineux, s'ajoutent des fossiles silicatés.

Couche jaune sauvage.

Au toit de la couche jaune sauvage subsiste encore de larges portions calcaires mais la plus grande partie de la gangue est ferrugineuse, avec un support silicaté. La sidérose y forme de nombreux cristaux. Les oolithes atteignent parfois des dimensions exceptionnelles.

Dans les parties moyenne et inférieure, la séparation entre calcaire et silicate n'est pas nette ; les deux minéraux alternent par petites masses, la phyllite englobant des cristaux de sidérose. Le quartz, en minuscules débris, se concentre de préférence dans les parties ferrugineuses. Il s'accumule en quantité notable au mur de la couche qui est aussi très fossilifère.

Avec sa gangue mixte, le mur possède déjà les caractères d'un intercalaire.

Source : MNHN, Paris

Intercalaire entre la couche jaune sauvage et la jaune.

Avec cet intercalaire on a affaire à un minerai type couche rouge, très quartzeux et riche en fossiles. La gangue calcaire est en grande partie imprégnée d'hydroxyde. En dehors des organismes calcaires et ferrugineux, on trouve des fossiles silicatés.

Couche jaune.

Dans la couche jaune, la calcite continue à jouer un rôle prépondérant, elle forme de larges agrégats, notamment au toît où elle remplit seule les espaces interoolithiques.

Plus bas, la calcite voisine avec le silicate tantôt ferrugineux, tantôt vert. Le quartz est corrodé.

Intercalaire jaune gris.

La calcite largement cristallisée subsiste encore dans l'intercalaire jaune gris, mais la plus gande partie de la gangue est formée par le silicate ferrugineux, parsemé de cristaux de sidérose.

Couche grise.

Depuis le sommet jusqu'à la base, la couche accuse une certaine évolution, quoiqu'elle reste dans son ensemble dominée par la calcite.

Dans les parties supérieures, le silicate vert forme de petits îlots ou une mince cloison entre les cristaux de calcite.

Plus bas, les cloisons s'élargissent et des taches vertes cohérentes apparaissent entre les ovoïdes.

A la base, la « phyllite » prend une plus grande extension sans atteindre l'importance qu'elle a généralement dans ce niveau.

Au mur, on enregistre une régression du silicate qui ne forme qu'une couronne autour des fragments de quartz corrodés par la sidérose.

Au-dessous de la couche grise, se dépose un intercalaire très riche en quartz dont la gangue est formée par la calcite et une phyllite verte. Il englobe de petites oolithes.

Minerais magnétiques.

Nous avons recueilli au niveau 300, dans l'ancienne galerie des machines, des spécimens de la couche jaune et de la couche grise.

Nous avons également visité la couche grise au niveau 280, non loin du point d'extraction. Tous ces minerais sont magnétiques.

Minerai magnétique de la couche jaune. — Des oolithes ferrugineuses sont serties dans une gangue carbonatée. En lumière réfléchie, on constate qu'elles sont formées par la goetithe dans laquelle se déposent des cristaux d'hématite. Certaines d'entre elles ont pour noyau un fragment de la gangue. Le nombre des organismes, pour la plupart calcaires, est très élevé. En général, un liséré opaque les entoure. Il s'agit tantôt de la goethite, tantôt de l'hématite, rarement de la magnétite. Parfois ces oxydes épigénisent plus ou moins les fossiles. Le quartz fait défaut. Dans la gangue, la berthierine séparé en géné-

Source : MNHN, Paris

ral les cristaux de sidérose. Elle ne forme que rarement des plages étendues. La magnétite et l'hématite cristallisent en individus distincts dans le ciment, la pyrite y constitue des plages compactes.

Minerai magnétique de la couche grise. — La répartition des minéraux n'est pas la même dans les minerais magnétiques de la couche grise.

Les oolithes sont encore formées par la goethite et l'hématite, mais on reconnaît dans l'enveloppe des portions phylliteuses. Elles ont souvent pour noyau un fragment carbonaté ou silicaté englobant des petits cubes de magnétite. La calcite, la sidérose et la berthierine se partagent avec la magnétite, les espaces interoolithiques.

Dans les organismes, la calcite est en partie remplacée par la goethite et par la magnétite.

En résumé, la magnétite se cantonne dans la gangue et dans les organismes, tandis que l'hématite se développe dans les oolithes.

Minerais de la couche grise de la collection L. Cayeux. — Le minerai non magnétique est un spécimen banal de la couche grise.

Les carbonates de calcium et de fer en forment la gangue avec la « chlorite », tandis que les oolithes sont ferrugineuses. Tous ces constituants se trouvent réunis dans les organismes.

Minerais magnétiques. — Les oolithes sont en grande partie opaques et on observe souvent que les oxydes se déposent dans une masse silicatée.

En lumière réfléchie, on peut distinguer plusieurs types. Généralement, l'ovoïde est formé par la goethite criblée de cristaux d'hématite. Plus rarement, la goethite s'associe avec la magnétite pour former la zone corticale ou l'ovoïde entier. On trouve aussi des oolithes constituées par l'hématite et la magnétite, voire même par la magnétite seule.

La grande masse de la gangue est formée par la sidérose renfermant de rares îlots de berthierine, mais à côté de ces minéraux transparents, les oxydes jouent un rôle important. L'hématite s'y développe en beaux cristaux tandis que la magnétite, plus abondante, constitue des agrégats compacts. La marcasite se dépose également dans les espaces ineroolithiques.

Les fossiles sont épigénisés, entièrement ou en partie, par la goethite ou les oxydes. Parfois, deux de ces minéraux interviennent dans le remplacement.

Conclusion. — En résumé, dans les minerais magnétiques d'Ottange, on trouve les trois oxydes : goethite, hématite et magnétite.

Les minéraux ferriques se concentrent essentiellement dans les oolithes tandis que la gangue est le domaine préféré de la magnétite.

Etude thermique.

Nous avons fait l'étude thermique des minerais magnétiques.

Celui de la couche jaune donne une courbe (1, fig. 12) qui fait apparaître le gel d'hydroxyde de fer grâce à l'inflexion endother-

Source : MNHN, Paris

mique large vers 100°, la goethite par un crochet bien développé à 350°. La dissociation de la sidérose provoque une inflexion vers 550°. Ce même accident indique, en outre, la déshydratation du silicate. Enfin, vers 850°, se produit la décomposition de la calcite. Pour la couche grise, il nous a paru intéressant de donner des diagrammes de minerais prélevés dans l'accident magnétique et en dehors de lui.

La courbe (II, fig. 12) est celle d'un minerai pauvre en hydroxydes de fer et très carbonaté. En effet, le crochet de la goethite est beaucoup plus faible que ceux de la sidérose et de la calcite.

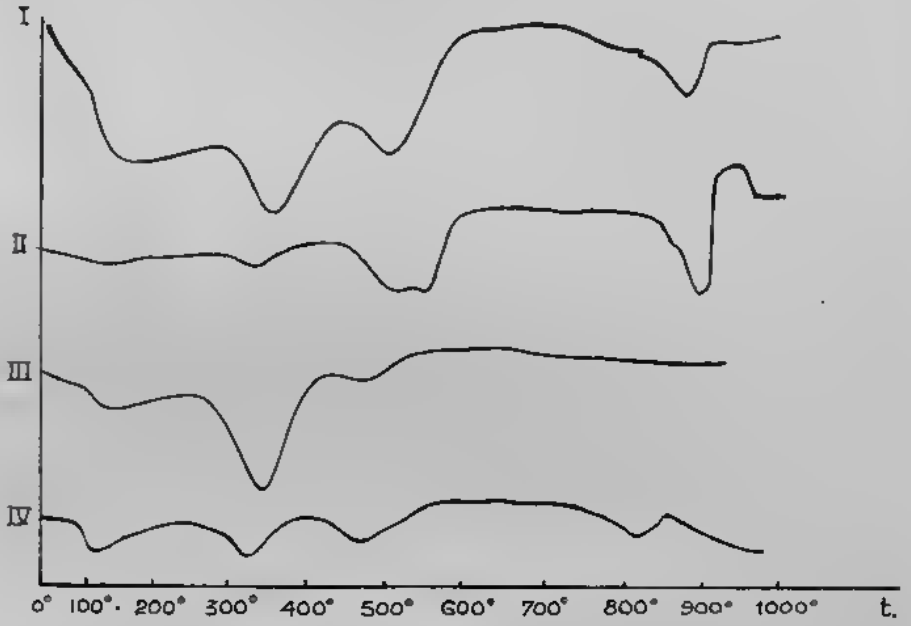


Fig. 12. — Courbes thermiques différentielles des minerais d'Ottange. I. — Accident magnétique de la couche jaune. II. — Minerai carbonaté de la couche grise. III. — Minerai riche en hydroxyde de la couche grise. IV. — Accident magnétique de la couche grise.

La courbe (III, fig. 12) par contre, représente un échantillon très oxydé où l'inflexion de la goethite l'emporte sur les autres.

Dans le minerai non magnétique (IV, fig. 12) on retrouve les crochets correspondants aux hydroxydes amorphes et cristallins et aux deux carbonates.

Doepschesgrund.

La carrière de Doespschesgrund est située tout près de la mine d'Ottange III, en territoire luxembourgeois. On y distingue, de haut en bas, la couche rouge, la couche jaune dans laquelle s'intercale le « bough noir », puis un lit marneux et la couche grise.

Couche rouge.

Ce minerai est caractérisé par sa richesse en quartz, il englobe

Source : MNHN, Paris

des oolithes ferrugineuses et un grand nombre de fossiles. La plupart de ceux-ci sont calcaires, d'autres calcaires et ferrugineux ou entièrement épigénisés par l'hydroxyde de fer. Il existe aussi des organismes calcaires et chloriteux et des débris d'os phosphatés.

Dans la gangue calcaire, où se répand la stilpnosidérite, on remarque de nombreuses gouttelettes de pyrite et de fines lamelles de mica blanc.

Couche jaune.

Comme la précédente, cette couche est formée par un minerai calcaire et ferrugineux. Cependant, le quartz clastique a presque complètement disparu et les oolithes deviennent nombreuses. La gangue elle-même est plus largement développée.

La goethite se dépose dans la zone corticale des oolithes dont certaines ont un noyau opaque. En outre, elle cristallise dans la gangue remplissant, par endroits, les espaces interoolithiques, seule ou associée à la calcite à laquelle elle se substitue.

Bough noir.

Le bough noir représente, dans la couche jaune, un accident siliceux. Il englobe, en effet, de nombreux fragments de quartz. Calcaire et riche en fossile, il rappelle le minerai de la couche rouge.

Marne minéralisée.

Le nombre des oolithes est assez limité. Elles sont constituées par une masse phylliteuse sur laquelle se dépose plus ou moins d'hydroxyde de fer qui masque parfois le support. Très fréquemment, les ovoïdes sont corrodés et complétés par le carbonate de fer du ciment.

Il existe dans cette roche des organismes calcaires de grande taille qui y forment de véritables cloisons. D'autres sont calcaires et silicatés ou silicatés et ferrugineux.

Dans la gangue prédomine la sidérose. Sur la masse carbonatée se dépose la phyllite comme une sorte de voile plus ou moins épais.

Couche grise.

Nous n'avons pas à Doepschesgrund une couche grise typique, la gangue du minerai étant essentiellement carbonatée.

La plupart des oolithes sont silicatées, plus ou moins envahies par l'hydroxyde de fer ou par l'hématite ; certaines deviennent complètement opaques. Parfois un fragment de la gangue carbonatée ou silicatée forme leur noyau.

Le quartz clastique n'existe pas dans cette formation. Par contre, on y observe de nombreux organismes calcaires, calcaires et ferrugineux, épigénisés par la goethite ou par l'hématite, et des débris phosphatés.

Dans la gangue, prédomine la sidérose, cependant, la phyllite entoure parfois les oolithes et les organismes, tantôt sous forme d'un

Source : MNHN, Paris

mince liséré, tantôt en plages plus étendues. La pyrite apparaît en petits cristaux dans le carbonate et on y voit également la chalcopyrite, partiellement transformée en chalcocite bleue.

Etude thermique.

Les courbes thermiques des minerais décrits résument bien leur composition minéralogique.

L'abondance des hydroxydes de fer et de la calcite est mise en évidence par la courbe de la couche rouge (I, fig. 13).

La couche jaune est moins calcaire que la précédente (c. II, fig. 13). Le bough noir qu'elle renferme (C. III, fig. 13) a exactement le même comportement thermique.

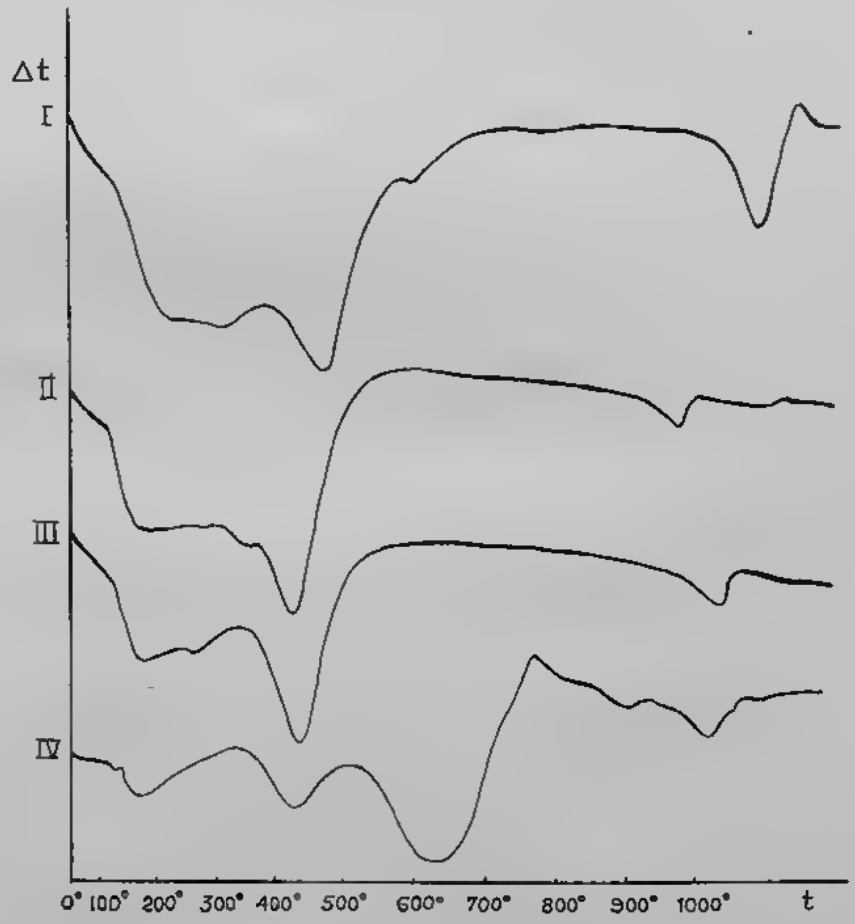


Fig. 13. — Courbes thermiques différentielles des minerais de Doepschesgrund. I. — Couche grise. II. — Couche jaune. III. — Bough noir. IV. — Couche grise.

Quant à la courbe IV, elle illustre la complexité de la couche grise par les inflexions des hydroxydes et des deux carbonates. La sidérose

Source : MNHN, Paris

est notamment très abondante et le minerai est plus silicaté que dans les couches supérieures.

Conclusion. — En résumé, les niveaux supérieurs de la carrière de Doepschesgrund s'intègrent bien dans l'ensemble du bassin ; ils sont calcaires et ferriques, tandis que la couche grise, très carbonatée, est un cas aberrant.

Langenberg.

Nous ne décrirons que la couche grise de ce gîte, seul niveau représenté dans la collection Bichelonne. La présence de la magnétite lui confère un intérêt particulier.

Couche grise.

On peut distinguer plusieurs types de minerais, suivant la nature minéralogique des oolithes et de la gangue et la répartition de la magnétite.

Dans les minerais les plus magnétiques, les ovoïdes silicatés sont plus ou moins imprégnés d'hydroxyde. Si la partie centrale est transparente, il n'est pas rare que la magnétite s'y dépose en cristaux isolés. Cependant, c'est dans l'enveloppe qu'elle se concentre le plus souvent. Il existe même des oolithes entièrement formées par la magnétite. En général, elles ont subi des déformations qui les rendent presque méconnaissables.

Le quartz fait défaut. Le silicate et la magnétite se déposent dans les organismes calcaires.

Dans la gangue, la magnétite s'associe à la calcite et généralement un liséré de phyllite verte entoure les oolithes.

On trouve aussi des minerais où la magnétite se concentre dans les oolithes silicatées, tandis que la gangue devient soit calcaire, soit phylliteuse et carbonatée.

Enfin, dans un dernier type, la magnétite disparaît, une gangue formée par la phyllite et les deux carbonates entoure les oolithes silicatées, légèrement brunâtres.

Bure.

Nous avons étudié les couches rouge, jaune, grise et brune de ce gisement.

Couche rouge.

Au toit de la couche rouge, on rencontre un accident calcaire. Les oolithes sont peu nombreuses et l'hydroxyde de fer forme une enveloppe autour des organismes calcaires et des fragments de quartz.

On a appelé « marnes ferrugineuses » le niveau sous-jacent, caractérisé par l'apparition du silicate. Un agrégat calcaire et phylliteux remplit les espaces interoolithiques où l'on observe également du mica et de la pyrite.

Dans un troisième faciès, l'hydroxyde disparaît. Les oolithes,

Source : MNHN, Paris

ailleurs ferrugineuses, sont silicatées à structure concentrique. La phyllite et les deux carbonates constituent le ciment.

Au-dessous de ce niveau silicaté, le minerai reprend son caractère carbonaté et ferrugineux.

Calcaires marneux.

Au-dessous de la couche rouge se trouve un grès riche en organismes calcaires et ferrugineux. La gangue est formée par la calcite et par un silicate fortement imprégné d'hydroxyde. Il n'existe pas d'oolithes mais on y remarque de petites concrétions ferrugineuses.

Couche jaune.

La couche jaune se divise en quatre niveaux.

Le premier, le crassin coquiller, est carbonaté, peu oolithique.

La couche jaune sauvage reste calcaire avec des accidents silicatés et ferrugineux. Les oolithes et les fragments de quartz y sont inégalement répartis.

Le calcaire ferrugineux, qui sépare la couche jaune sauvage de la jaune proprement dite, est pauvre en oolithes. Dans la gangue calcaire on observe des îlots silicatés et ferrugineux où la calcite cristallise en rhomboèdres bien séparés. Une enveloppe ferrugineuse entoure les organismes calcaires.

Enfin, la couche proprement dite ne diffère du calcaire ferrugineux que par le nombre plus important des oolithes.

Couche grise.

Le niveau est recouvert par le « crassin » à oolithes ferrugineuses et à ciment calcaire et silicaté. On y observe des organismes calcaires et ferrugineux.

Dans la couche grise, la gangue calcaire persiste, mais la sidérose apparaît autour des fragments de quartz et le silicate vert entoure les organismes.

Plus près du mur, le silicate et la sidérose deviennent plus abondants. Remarquons que les oolithes sont encore très ferrugineuses.

Couche brune.

La couche brune est beaucoup plus ferrugineuse que la couche grise.

Non seulement les oolithes sont riches en hydroxydes de fer mais la stilpnosidérite se dépose également dans la gangue calcaire et phylliteuse. Dans les parties silicatées cristallisent la calcite et la sidérose, en rhomboèdres automorphes. Le quartz est corrodé, même dans les plus petits fragments.

ROCHONVILLERS.

Nous avons trouvé dans la collection Bichelonne des préparations faites avec les minerais des couches rouge, jaune et grise.

Source : MNHN, Paris

Couche rouge.

La grande quantité de quartz clastique confère à ce niveau les caractères d'un intercalaire.

Entourées par une gangue calcaire et silicatée, les oolithes sont de petites tailles et mal développées. La stilpnosidérite se dépose dans le ciment qui englobe des organismes calcaires, ferrugineux et silicatés.

Couche jaune.

Dans la couche jaune, on distingue deux types de minerais. L'un d'eux est calcaire et ferrugineux, comme la couche rouge, mais avec des oolithes bien formées.

Dans l'autre variété, la calcite et le silicate vert remplissent les espaces interoolithiques.

Couche grise.

Plus ferrugineuses que silicatées, les oolithes ont une taille rarement atteinte dans la couche grise. Elles sont enrobées dans une gangue constituée par le silicate vert, cryptocristallin et les deux carbonates. La sidérose forme des agrégats et entoure les fragments de quartz. Parfois, la calcite prédomine en cristaux séparés par une mince cloison phylliteuse. La goethite se dépose aussi dans le ciment.

ANGEVILLERS.

Outre des échantillons prélevés dans la couche verte, nous avons eu à notre disposition des lames minces de la collection Bichelonne, taillées dans les couches rouge, jaune et grise et dans un certain nombre d'intercalaires.

Marnes grèseuses.

La couche rouge est surmontée par les « marnes grèseuses », roche à ciment calcaire et silicaté, renfermant quelques oolithes ferrugineuses et un grand nombre de fragments de quartz. On y observe beaucoup d'organismes dont quelques-uns sont silicatés.

Au-dessous, on rencontre le « calcaire gris-brun », dépôt oolithique, calcaire et ferrugineux, dont le ciment est très abondant. Puis, les oolithes deviennent plus nombreuses et on passe à la couche rouge proprement dite.

Couche rouge.

Ce niveau, couche rouge typique, calcaire et ferrugineux, comporte deux accidents silicatés désignés « marnes calcaires » et « marnes vertes ».

La première diffère de la couche par la présence d'îlots silicatés dans la gangue.

Par contre, la marne verte possède un ciment essentiellement phylliteux, parsemé de lamelles de micas et de cristaux de sidérose. Elle est très riche en quartz.

Source : MNHN, Paris

Calcaire marneux.

Dans le calcaire marneux, qui sépare les couches rouge et jaune, les oolithes sont en nette régression, petites et mal développées. Les débris de quartz et les fossiles abondent dans la gangue formée par la calcite et le silicate coloré par la stilpnosidérite. Accessoirement la sidérose y cristallise.

Couche jaune.

La partie supérieure de la couche jaune (jaune sauvage) conserve les caractères de la couche rouge. Elle est séparée de la couche jaune principale par des marnes siliceuses, riches en quartz et très fossilifères, dépourvues d'oolithes. L'hydroxyde de fer ne subsiste que dans quelques organismes en goethite. Le ciment silicaté renferme de la calcite et de la sidérose en cristaux distincts.

Les oolithes redeviennent nombreuses dans la couche jaune principale, mais la gangue reste phylliteuse et carbonatée.

Couche grise.

La couche grise possède une composition typique, les oolithes étant serties dans une gangue verte, silicatée, où se déposent la calcite et la sidérose. La première apparait en cristaux distincts, tandis que la seconde enveloppe les fragments de quartz.

Couche verte.

Les oolithes sont formées par une montmorillonte ferrifère : la nontronite franchement verte ou colorée par la stilpnosidérite. Elles ont subi un laminage qui les rend presque méconnaissables. Cependant, même réduites en lambeaux, elles se distinguent de la gangue phylliteuse grâce à des vestiges de leur structure concentrique. La sidérose constitue une partie du ciment, attaque les ovoïdes et les fragments de quartz.

SAINTE-BARBE.

Nous décrirons les couches rouge, jaune, grise, brune et noire du gîte.

Couche rouge (*S. B. 6, Sondage 7*).

Au-dessus de la couche rouge, on rencontre un dépôt gréseux constitué pour les 3/4 par du quartz. Dépourvu d'oolithes, il renferme de petites concrétions silicatées. Une gangue calcaire, par endroits phylliteuse, sert de liant aux fragments clastiques : quartz, feldspath et zircon, et à quelques organismes.

Au toit de la couche, le minerai est très calcaire. Dans la masse de calcite, apparaissent quelques oolithes et des fragments complexes. Il s'agit de masses ferrugineuses, englobant tantôt des oolithes, tantôt des débris de quartz.

A la partie supérieure du niveau, une gangue presque opaque cimente le minerai. Elle est formée par la calcite imbibée de stilpnosi-

Source : MNHN, Paris

dérite. Le quartz s'y accumule en grande quantité. Il reste abondant dans toute l'épaisseur de la couche. En général, la calcite occupe les espaces interoolithiques, truffée de petits lambeaux de silicate et de cristaux de sidérose. Les organismes sont calcaires, ferrugineux, silicatés et phosphatés.

Couche jaune.

Au toit de la couche jaune, se dépose une roche très siliceuse où la calcite et la sidérose accompagnent la phyllite. Elle ne renferme pas de vraies oolithes et l'hydroxyde s'y trouve uniquement sous forme de quelques petites concrétions.

Au-dessous de cet accident silicaté, le minerai devient plus calcaire que la couche rouge. Parfois, la calcite occupe à elle seule les espaces interoolithiques, mais plus généralement on retrouve le silicate ferrugineux.

La couche se termine par un dépôt quartzeux et silicaté dépourvu d'oolithes.

Couche grise.

Au-dessus de la couche proprement dite, se situent deux crassins très différents au point de vue de la composition et de la structure.

Dans l'un d'eux, la calcite prédomine en agrégats très larges, traversés par des veinules silicatées. Les oolithes y sont ferrugineuses de dimensions au-dessus de la moyenne. La sidérose se dépose autour des fragments de quartz.

L'autre crassin est de type intercalaire et plus silicaté. Quelques oolithes et de petites concrétions ferrugineuses s'éparpillent dans la trame phylliteuse et carbonatée de la gangue. Le quartz est le plus abondant de tous les constituants.

Au toit de la couche, on retrouve une structure oolithique bien organisée. La calcite forme la presque totalité de la gangue mais localement, un liséré de silicate vert entoure les oolithes. La sidérose apparaît autour de quelques fragments de quartz.

Au-dessous du toit, le silicate vert prend une part importante à la constitution de la gangue. Mais la couche est loin d'être un dépôt homogène. On y rencontre tantôt des termes calcaires, tantôt des variétés essentiellement phylliteuses.

Un accident magnétique qui, à notre connaissance, n'a pas été signalé jusqu'à présent dans la littérature, mérite un examen plus attentif.

La magnétite se dépose dans les oolithes silicatées et ferrugineuses, en cristaux distincts ou en masses compactes. Elle cristallise aussi dans la gangue, séparée des oolithes par un liséré silicaté. Cependant, les carbonates prédominent dans le ciment. Sur les cristaux de sidérose se fixe souvent la phyllite et on voit alors des rhomboèdres verts d'aspect très particulier.

Certains organismes sont entièrement remplacés par la magnétite, mais plus souvent, on voit réunis dans un même fossile, l'oxyde avec la caclite ou avec le silicate.

Source : MNHN, Paris

Au mur de la couche, on trouve tantôt une roche quartzeuse, oolitbique, tantôt un minerai de type couche verte. Dans celui-ci, les oolithes sont formées par une phyllite verte et une gangue de sidérose. Les organismes calcaires abondent et le quartz fait défaut.

Intercalaire gris-brun.

L'intercalaire qui se place entre les couches grise et brune présente deux aspects.

On observe d'une part un agrégat de calcite qui entoure de grands cristaux de sidérose à contours très réguliers. Autour d'eux, la roche devient phylliteuse. Elle ne renferme pas d'oolithes mais elle est peuplée de fossiles calcaires et silicaté. Le quartz n'est pas corrodé à la manière habituelle, mais des cristaux de sidérose y pénètrent.

La deuxième roche, très siliceuse, est formée par quelques oolithes ferrugineuses et une gangue mixte.

Couche brune.

Au toit de la couche brune, on retrouve l'intercalaire gréseux, mais des concrétions ferrugineuses y remplacent les ovoïdes. Il voisine avec un minerai oolithique de type couche verte où autour des oolithes se dépose la phyllite radiale, puis indifférenciée, à laquelle succède la sidérose. Le carbonate pénètre largement dans les oolithes, et entoure aussi les fragments de quartz.

Au-dessous du toit, on constate un changement notable. La gangue est formée par le silicate vert, mais la sidérose, au lieu de constituer des masses importantes, se dépose sous la forme d'une multitude de cristaux. Les oolithes restent parfois silicatées fortement attaquées par la sidérose. La substitution peut être telle qu'entre nicols croisés les ovoïdes paraissent presque entièrement carbonatés, très biréfringents, ils se détachent sur la gangue phyllitense quasi isotrope.

Au mur, se dépose un intercalaire très quartzeux, ne renfermant plus que des lambeaux d'oolithes dans une gangue mixte.

Couche noire.

La zone silicatée, dépourvue d'hydroxyde libre, continue avec la couche noire.

Les oolithes phylliteuses sont attaquées par la sidérose. Celle-ci s'y dépose en cristaux séparés ou les envahit à partir de la gangue, mais leur forme initiale reste matérialisée par un liséré de « chlorite ». Dans le ciment s'associent la phyllite et les deux carbonates. La couche renferme des organismes calcaires et silicatés, parfois la sidérose cristallise dans les fossiles. La couche est riche en débris de quartz corrodés.

Boulange.

Nous avons examiné des préparations taillées dans les marnes bleues et dans les couches rouge, jaune, grise, brune et noire de ce gîte.

Source : MNHN, Paris

Marnes bleues.

On a désigné sous le nom de marnes bleues le dépôt qui recouvre la couche rouge. Il est constitué par un minerai à gangue calcaire et oolithes ferrugineuses. Certains échantillons se distinguent par un ciment silicaté.

Au contact immédiat de la couche rouge, on trouve un accident presque entièrement dépourvu d'oolithes. C'est une masse calcaire renfermant des fragments de quartz, des feldspaths, microcline et plagioclase, et quelques fossiles.

Couche rouge.

On a affaire à une couche rouge typique où le quartz est très inégalement réparti. Absent parfois, il constitue souvent environ la moitié du dépôt. La gangue calcaire, largement développée se charge par endroits d'hydroxyde de fer et devient presque opaque. Elle renferme alors de petits débris de quartz et des lamelles de mica.

Au mur de la couche, on observe un calcaire fossilifère peu oolithique où les organismes sont entourés d'une épaisse enveloppe d'hydroxyde. Il existe également à ce niveau une roche dont la gangue ferrugineuse contient des fragments de quartz et de mica et parfois des oolithes.

Couche jaune sauvage.

La couche jaune est une formation calcaire englobant des oolithes ferrugineuses et des organismes pour la plupart calcaires. Il faut souligner la présence de fragments complexes, cimentés par la goethite.

Couche grise.

La plupart des échantillons montrent une parenté avec la couche rouge. Cependant, dans certains d'entre eux, la sidérose est le constituant principal de la gangue. Elle attaque les débris de quartz. Le silicate forme des îlots dans la gangue. Sur la phyllite se fixe, en plus ou moins grande quantité, la stilpnosidérite de sorte que le ciment est plus ferrugineux que silicaté.

C'est à la base du niveau que l'on trouve un minerai typique, avec une gangue formée par le silicate vert et la sidérose.

Couche brune.

Nous retrouvons ici le minerai à gangue ferrugineuse, un peu calcaire, des couches supérieures accompagné par le faciès silicaté.

Couche noire.

La couche noire est le niveau le plus silicaté de ce gisement.

La phyllite constitue non seulement une partie de la gangue mais aussi les oolithes. Souvent un liséré de sidérose sépare les oolithes du ciment silicaté. Par contre, lorsque la gangue est formée par le carbonate de fer, une bande de silicate entoure les ovoïdes et les organis-

Source : MNHN, Paris

mes. Les fragments de quartz sont corrodés, mais leur forme initiale est conservée, soulignée par un liséré de phyllite.

On trouve dans ce minerai quelques fragments complexes où une gangue ferrugineuse réunit des ovoïdes opaques. La marcasite se dépose parfois en agrégats fibreux dans les espaces interoolithiques.

Conclusion. — Dans le gisement de Boulange, les formations calcaires et ferrugineuses empiètent sur le faisceau silicaté.

Dans la couche grise, on trouve encore des minerais de type couche rouge. Il faut souligner, dans ce niveau, la présence d'un minerai à gangue de sidérose. Ce n'est qu'à la base de la couche que le dépôt devient silicaté.

La couche noire est le seul niveau essentiellement phylliteux.

Fontoy.

Les plaques minces de la cotlection Bichelonne donnent un aperçu assez complet de ce gisement puisqu'elles nous renseignent sur les couches rouge, jaune, grise, brune et verte.

Marnes.

La couche rouge est recouverte par des marnes dans lesquelles existent de petites oolithes ferrugineuses et des organismes calcaires, ferrugineux, silicatés et phosphatés. Dans la gangue prédomine la calcite, cependant le silicate est assez répandu dans ce niveau riche en quartz.

Couche rouge.

C'est un minerai très typique avec des oolithes rouges et une gangue calcaire pure. Toutefois au mur, le nombre des oolithes diminue, elles deviennent alors mal faites et dans la gangue, le silicate accompagne la calcite. La sidérose s'y dépose en gros cristaux. Il faut y signaler des organismes calcaires et ferrugineux.

Couche jaune.

Le quartz, accompagné par de grandes lames de mica, abonde au toit de la couche jaune. Ce niveau gréseux englobe, dans une gangue phyltiteuse et carbonatée, quelques oolithes ferrugineuses. Les organismes sont pour la plupart calcaires et silicatés, plus rarement ferrugineux.

La couche elle-même est formée par un minerai oolithique normal. Dans la gangue la calcite voisine avec un silicate vert assez pur. Il n'existe que quelques fragments de quartz entourés d'un liséré de sidérose.

Couche grise

Le sommet de la couche grise est formé par un minerai calcaire où le silicate se dépose dans la gangue, uniquement au voisinage des oolithes. La sidérose entoure les fragments de quartz corrodé.

Source : MNHN, Paris

Plus bas, le ciment devient plus silicaté, puis, au mur de la couche, la calcite prédomine à nouveau dans les espaces interoolithiques.

Marnes.

Au-dessous de la couche grise, se trouve un banc de « marnes » formé par du quartz et, accessoirement, du mica et du feldspath, le tout cimenté par une gangue silicatée. Il s'agit d'un véritable grès sans-hydroxyde.

Couche brune.

Au toit de la couche, on trouve un dépôt oolithique à faciès intercalaire. Dans la gangue, où coexistent la calcite et le silicate très imprégné de stilpnosidérite, se dépose la sidérose. Ce niveau est micacé et très riche en fragments de quartz.

A la partie supérieure de la couche proprement dite, la gangue est tantôt calcaire, tantôt silicatée. La sidérose et parfois la calcite se présentent en cristaux isolés dans la phyllite. Le quartz n'a pas subi de corrosion.

Dans la partie moyenne, on reconnaît, à travers un pigment ferrugineux, le support vert silicaté des oolithes. Très souvent elles sont attaquées par la sidérose. Dans la gangue silicatée, se développent des cristaux de sidérose. Ils se groupent de préférence au voisinage des oolithes. Le quartz montre une forte corrosion due au carbonate de fer.

Au mur de la couche, la gangue est tantôt calcaire, tantôt phylliteuse, la sidérose n'apparaît que dans les portions silicatées.

Couche verte.

Le niveau n'a pas dans sa totalité les caractères de la couche verte. On y trouve, en effet, en dehors du type à oolithes et gangue silicatée, un minerai calcaire. Le quartz abonde dans le faciès phylliteux, corrodé par la sidérose. Celle-ci empiète également sur les oolithes. La marcasite cristallise dans la gangue.

Sancy.

Nous décrirons uniquement la couche grise avec sa couverture calcaire.

Il existe dans le niveau calcaire un certain nombre d'oolithes de grande taille et des fossiles ayant, eux-aussi, des dimensions exceptionnelles. Le silicate vert se dépose localement dans la gangue et remplace partiellement les organismes calcaires. On peut signaler la présence de fragments complexes où oolithes et gangue sont formées par la goethite.

Au sommet de la couche, encore très carbonatée, les oolithes ferrugineuses sont entourées par un agrégat de calcite largement cristallisée. La sidérose apparaît dans la masse du ciment où elle forme aussi avec la chlorite une double enveloppe autour des fragments de quartz.

Source : MNHN, Paris

Plus bas, le silicate devient de plus en plus abondant et les caractères de la couche grise se précisent. Aux fossiles calcaires et ferrugineux s'ajoutent des organismes entièrement épigénisés par la phyllite. Cependant, l'évolution n'est pas continue dans toute l'étendue de la couche ; dans sa partie médiane, on trouve encore des types carbonatés où le silicate n'est qu'accessoire.

A la base, les oolithes sont plus silicatées et on peut observer en lumière transmise leur structure concentrique. Quant à la gangue elle demeure carbonatée.

Chevillon.

Les échantillons que nous avions à notre disposition proviennent de la couche grise.

Ils sont typiques, avec leurs oolithes silicatées et ferrugineuses et leur gangue formée par la phyllite et la sidérose. Parfois la calcite englobe le carbonate de fer.

Il existe dans le minerai des organismes calcaires, ferrugineux et phylliteux et des fragments de quartz corrodés par la sidérose.

Ajoutons que nous avons observé une oolithe ayant un noyau de feldspath.

Malaviller.

Comme à Sancy et à Chevillon, nous n'avons étudié que la couche grise de ce gisement.

Ce minerai n'a pas du tout les caractères d'une couche grise. La gangue largement développée est essentiellement calcaire. Elle entoure des oolithes riches en goethite et de nombreux organismes calcaires, ferrugineux ou chloriteux.

Le quartz détritique se présente entouré d'un liséré de sidérose mais la corrosion est peu avancée.

Saint-Pierremont.

Nous avons examiné des matériaux des couches rouge, jaune et grise, provenant du sondage Anoux, conservés dans la collection J. Bichelonne.

Couche rouge.

Au-dessus de la couche, on a distingué des marnes et des calcaires qui ont une composition très voisine de celle du niveau proprement dit. Seule, la marne micacée est un dépôt quartzeux et silicaté, sans oolithes.

Dans les calcaires gris on distingue deux catégories d'ovoïdes. Les uns, de grande taille, sont calcaires légèrement imprégnés de stilpnosidérite, les autres ferrugineux, plus petits et aplatis.

La couche possède une composition hétérogène, le faciès calcaire est en effet accompagné par des variétés silicatées. La gangue est parfois franchement verte, dans d'autres cas, imprégnée de stilpnosidérite,

Source : MNHN, Paris

elle englobe un grand nombre de cristaux de sidérose. Par endroits, ils constituent des agrégats de rhomboèdres jointifs largement cristallisés. La sidérose attaque une partie des fragments de quartz, les autres restent intacts. Les organismes se répartissent inégalement et on trouve des échantillons très fossilifères. Il faut signaler qu'un nombre assez important d'entre eux sont épigénisés par le silicate. Des fragments complexes, avec oolithes et gangue ferrugineuses, et des nougats de goethite englobant des débris de quartz ne sont pas rares.

Couche jaune.

Rien d'essentiel ne distingue cette couche de la précédente.

La calcite continue à être l'élément prépondérant dans la plupart des échantillons. Dans d'autres, elle est accompagnée par le silicate ferrugineux où la sidérose forme des cristaux moins nombreux que dans la couche rouge.

Marnes.

Entre les couches jaune et grise s'intercale un dépôt silicaté et siliceux.

L'hydroxyde de fer cristallisé y fait défaut. De nombreux fragments de quartz sont sertis dans une gangue phylliteuse et calcaire où cristallise aussi la sidérose.

Couche grise.

Au-dessous de cette zone intercalaire, on entre dans une couche grise typique avec une structure remarquable. Dans la gangue, la séparation est très nette entre le silicate et les carbonates.

Certaines oolithes ont pour noyau un fragment de ciment. Le quartz, profondément corrodé, est enveloppé par un liséré de phyllite et on compte de très nombreux organismes calcaires, ferrugineux, silicatés et phosphatés.

Vers le bas, les oolithes disparaissent presque totalement et la couche se termine par un nouvel intercalaire quartzeux, silicaté et carbonaté.

Bois d'Avril.

Nous avons étudié, dans ce gisement, les couches rouge, jaune, grise, noire et verte, et plusieurs intercalaires.

Couche rouge.

On distingue dans la couche un banc supérieur et un banc inférieur qui ont sensiblement la même composition. Ce sont des minerais calcaires et ferrugineux, assez pauvres en quartz. A la base du banc inférieur, la gangue devient, au voisinage des oolithes, légèrement silicatée.

Marnes dures.

Les marnes dures se distinguent de la couche rouge par une diminution nette du nombre et de la taille des oolithes.

Source : MNHN, Paris

Couche jaune.

Ce niveau a exactement la composition et la structure de la couche rouge.

Marnes vertes.

Les « marnes vertes » sont encore des roches oolithiques, parfois très riches en quartz clastique. Elles ont une gangue calcaire, plus rarement silicatée. La phyllite intervient dans l'épigénie des organismes.

Couche grise.

On distingue dans la couche grise le banc supérieur, le calcaire coquiller et le banc inférieur.

Les deux premiers sont calcaires et ferriques et ce n'est qu'à partir du banc inférieur que la couche devient silicatée. On est alors en présence d'une couche grise typique.

Marnes dures verdâtres.

Dans cette roche, presque totalement dépourvue d'oolithes, l'hydroxyde libre fait défaut. Tous les échantillons sont riches en quartz clastique, cimentés par une gangue silicatée. La phyllite épigénise une partie importante des organismes et constitue de petites concrétions de forme ovoïdale.

On observe des lamelles de mica et quelques fragments de feldspath et de tourmaline. La pyrite se dépose dans la gangue.

Couche noire.

Le niveau est hétérogène. On y distingue un minerai silicaté et un minerai calcaire.

Le premier présente deux aspects, il est parfois normalement constitué avec le rapport habituel oolithes-gangue, mais le plus souvent, il est très riche en éléments détritiques et en fossiles.

Le second, calcaire, rappelle la couche rouge.

Marne dure verdâtre.

Dans cette marne située au-dessous de la couche noire, les oolithes sont silicatées, vertes, à structure concentrique, attaquées et complétées par le carbonate de fer.

La roche renferme quelques débris de tourmaline bleue et un peu de quartz à peine corrodé. La sidérose n'est pas en contact avec les fragments, elle se présente en cristaux isolés dans les masses phylliteuses, tandis que la calcite forme des agrégats dans les espaces interoolithiques. Il existe encore un peu d'hydroxyde libre dans les organismes dont quelques-uns servent de noyaux aux oolithes. On trouve des fossiles, calcaires, ferrugineux et silicatés.

Couche verte.

La phyllite bien verte et la sidérose deviennent les principaux constituants de ce niveau.

Source : MNHN, Paris

L'hydroxyde a pratiquement disparu, parfois cependant les oolithes silicatées accusent une légère teinte rougeâtre et souvent un liséré brunâtre cerne les oolithes et les concrétions de sidérose.

D'une façon générale, le silicate est plus franchement vert dans la gangue. Il y est mieux cristallisé et forme des agrégats lamellaires à structure radiale autour des oolithes. La sidérose envahit parfois les parties externes de la zone corticale.

On rencontre des accidents carbonatés où une gangue de sidérose seule entoure les oolithes silicatées.

Soulignons enfin, l'absence de quartz clastique dans cette couche verte.

En résumé, les différents horizons du gîte de Bois d'Avril présentent, de haut en bas, une évolution normale.

C. — BASSIN DE L'ORNE.

Limité à l'ouest par les failles d'Hayange et d'Avril, le bassin de l'Orne s'étend jusqu'à la vallée de la Moselle.

Nous le diviserons en deux régions séparées par l'Orne.

a) Partie Nord.

Hayange (*).

Les matériaux étudiés proviennent de la collection L. Cayeux. Nous avons eu à notre disposition des échantillons des couches rouge, grise et verte. Rappelons que le gisement d'Hayange comporte des accidents magnétiques dans la couche rouge et grise. Nous n'avons étudié que ce dernier.

La couche rouge.

La couche rouge est formée par un minerai calcaire et ferrugineux. L'hydroxyde de fer se concentre dans les oolithes, tandis que le carbonate constitue la gangue. Les minerais renferment des fragments de quartz et quelques débris d'orthose et de plagioclase. Ils sont riches en organismes, pour la plupart restés calcaires. Cependant, beaucoup ont subi une épigénie par la goethite et servent souvent de noyaux aux oolithes.

La couche grise.

La couche grise présente la composition et la structure habituelles de ce niveau.

La gangue silicatée et carbonatée, où les constituants sont parfaitement séparés, englobe les oolithes relativement riches en hydroxyde

(*) S. Caillère, F. Kraut. — *Bull. Soc. fr. Min.*, t. 70, 1947, p. 34-48 et *C. R. Ac. Sc.*, t. 222, 1946, p. 810.

Source : MNHN, Paris

bien cristallisé. On y reconnaît le quartz corrodé par la sidérose et des organismes calcaires, ferrugineux et silicatés.

Accident magnétique.

L'accident magnétique se distingue de la couche grise, qui l'englobe, non seulement par la présence de l'oxyde anhydre mais aussi par la composition des oolithes. Celles-ci sont, dans l'ensemble du niveau, ferrugineuses, tandis que dans l'accident magnétique on voit nettement leur nature silicatée, grâce à leur couleur verte et á leur texture phylliteuse.

La magnétite cristallise généralement dans la zone corticale et il existe des oolithes où elle forme toute l'enveloppe. Le noyau, toujours large, est un fragment de berthierine ou de sidérose, emprunté à la gangue, dans lequel on remarque des cristaux de magnétite. Dans les espaces interoolithiques et dans les organismes, la magnétite est plus largement cristallisée que dans les oolithes.

La couche brune.

Quoique d'un rouge foncé en lames minces, les oolithes de ce minerai ne sont pas entièrement opaques, l'hydroxyde de fer s'y trouve en partie á l'état cristallin, en partie à l'état colloïdal. Un liséré de calcite les entoure. La sidérose ou une masse silicatée, fortement imprégnée d'hydroxyde colloïdal, remplit les espaces interoolithiques. Les zones phylliteuses renferment de nombreux petits débris de quartz et de fines lames de mica. Ce minerai, très fossilifère, rappelle les intercalaires.

La couche verte.

L'abondance de la sidérose et l'absence du quartz caratérisent la couche verte d'Hayange.

En effet, le carbonate de la gangue envahit les oolithes silicatées, auxquelles un liséré de chlorite restitue leur forme primitive.

Alors que généralement les ovoïdes de la couche verte apparaissent déformées et laminées, ils ne montrent, ici, aucune déformation. La phyllite ne se trouve que très localement dans le ciment, mais elle épigénise avec la sidérose une partie des nombreux fossiles. La marcasite en aiguilles excessivement fines est le seul minéral opaque du niveau.

Analyse thermique.

L'analyse thermique (fig. 14) donne une idée assez exacte de l'évolution minéralogique du gîte, de haut en bas.

La courbe (I), de la couche rouge, comporte les accidents caractéristiques de la stilpnosidérite, de la goethite et de la calcite.

Celle de la couche grise (III) met en évidence, outre les hydroxydes de fer et la calcite, l'inflexion vers 600° due à la sidérose et au silicate.

Source : MNHN, Paris

Dans l'accident magnétique (Courbe II) on constate la disparition de la goethite.

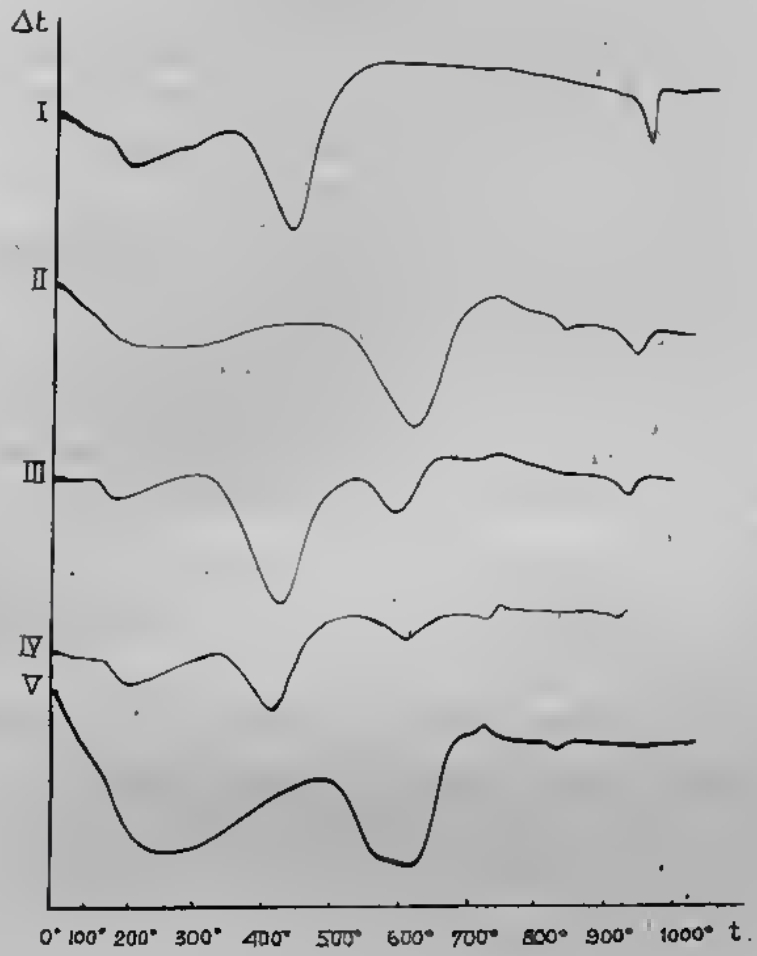


Fig. 14. — Courbes thermiques différentielles des minerais d'Hayange. I. — Couche rouge. II. — Minerai de l'accident magnétique de la couche grise. III. — couche grise. IV. — Couche brune. V. — Couche verte.

La courbe (IV), de la couche brune, révèle la présence des hydroxydes de fer, du silicate et des deux carbonates.

Dans la couche verte la goethite fait défaut, la courbe (V) est caractérisée par l'importance du crochet attribuable à la sidérose et à la phyllite.

Neuf Chef.

Nous décrirons cette mine à l'aide de préparations conservées dans la collection Bichelonne.

Source : MNHN, Paris

Couche rouge.

On distingue une couche rouge supérieure et une couche rouge inférieure, séparées par le calcaire ferrugineux.

Dans la couche rouge supérieure, les oolithes sont peu nombreuses mais on observe de petites concrétions ferrugineuses. La gangue est constituée par la calcite et par un silicate imprégné d'hydroxyde de fer colloïdal où la sidérose forme quelques cristaux.

La roche renferme une grande quantité de quartz clastique et des organismes calcaires, ferrugineux et phosphatés.

Dans le calcaire ferrugineux on reconnaît deux faciès.

Le premier, plus calcaire que silicaté, englobe quelques oolithes. Dans les parties phylliteuses, la sidérose et la calcite apparaissent en rhomboèdres. Le quartz y est très rare.

Quant au second faciès, il s'agit d'une formation franchement silicatée, riche en quartz, avec des oolithes ferrugineuses.

La couche rouge inférieure donne un bel exemple de dépôt calcaire et ferrique. La gangue très pure est formée par l'assemblage de cristaux de calcite bien maclés. On y distingue peu de quartz, toujours intact, et quelques organismes calcaires et ferrugineux.

Marnes calcareuses.

Au-dessous de la couche rouge s'est déposée une « marne » très fossilifère, riche en quartz clastique et peu micacée. La gangue est formée par la calcite et un silicate imprégné de produits ferrugineux.

Couche jaune.

Par sa composition, la couche jaune se rapproche de la couche rouge.

Les oolithes sont ferrugineuses, et dans la gangue calcaire se dépose un silicate très imprégné par la stilpnosidérite. Dans les parties ferrugineuses, on observe en grande quantité des débris de quartz, de sorte que le minerai prend l'aspect d'un intercalaire. Il existe, toutefois, des portions où le silicate conserve, assez intacte, sa coloration verte. Il épigénise quelques organismes, mais la plupart d'entre eux sont calcaires et ferrugineux.

Calcaire gris noirâtre.

Le quartz clastique abonde dans cette roche qui englobe des oolithes ferrugineuses mal développées. La calcite et un silicate brun forment la gangue dans laquelle on reconnaît quelques cristaux de sidérose et des lamelles de mica.

Couche grise.

Au sommet de la couche grise, nous sommes encore dans un niveau très ferrique ; oolithes et gangue se distinguent à peine, confondues dans une même masse rougeâtre. On constate cependant que la quantité de stilpnosidérite diminue dans la gangue calcaire et silicatée. Le quartz demeure intact et les organismes sont calcaires, ferrugineux et silicatés.

Source : MNHN, Paris

A la base, la couche devient très riche en quartz, la gangue calcaire et silicatée, reste imprégnée de produits ferrugineux.

Dépôts calcaires, ferrugineux, jaunâtre, gris ou verdâtre.

Ces dépôts, situés au-dessous de la couche grise, constituent un ensemble oolithique, très riche en quartz. Ils sont cimentés par une gangue calcaire et silicatée, généralement imprégnée de stilpnosidérite, où il n'existe que peu de sidérose.

Couche noire.

Dans ce niveau, plus silicaté que la couche grise, les oolithes, quoique rouges, laissent voir un support phylliteux.

La gangue elle-même est silicatée. La sidérose entoure et corrode quelques fragments de quartz, mais la plupart de ceux-ci restent intacts.

Le minerai renferme des organismes calcaires, ferrugineux, phosphatés et silicatés.

Calcaire rougeâtre.

Entre les couches noire et verte s'intercale un banc de « calcaire rougeâtre ».

Il englobe des oolithes silicatées, à belle structure concentrique, teintées par le gel ferrugineux. Dans la gangue, calcaire et silicatée, se dépose la sidérose, en assez gros cristaux qui envahissent en partie les oolithes, mais n'attaquent pas le quartz. Il n'existe pas de goethite cristallisée même dans les organismes, qui sont soit calcaires soit silicatés.

Couche verte.

La nature silicatée des oolithes apparaît nettement. Elles montrent toutes la structure concentrique et beaucoup d'entre elles ont une coloration verte. Dans la gangue les carbonates accompagnent la phyllite. La sidérose corrode très fortement les fragments de quartz et aussi les oolithes.

Moyeuvre.

Dans la collection Bichelonne on trouve deux séries de préparations appartenant aux couches rouge, jaune et grise.

Couche rouge.

Suivant la distinction établie par J. Bichelonne, nous décrirons une couche rouge siliceuse et une couche rouge calcaire.

Dans la première, les oolithes sont entamées par une gangue calcaire et silicatée profondément imprégnée de stilpnosidérite. Dans les parties très ferrugineuses, on voit des quantités de petits débris de quartz et un grand nombre de lamelles de mica. La sidérose forme quelques rhomboèdres.

La couche rouge calcaire diffère du minerai siliceux par sa gan-

Source : MNHN, Paris

gue de calcite. On y trouve également une roche essentiellement phylliteuse, traversée par des veinules étroites de calcite. Ce n'est que dans ces filonnets que l'on remarque quelques oolithes silicatées, presqu'entièrement remplacées par le carbonate.

Couche jaune.

La couche jaune est encore en partie calcaire, mais elle renferme aussi un minerai plus complexe, où la sidérose accompagne, dans la gangue, la calcite et le silicate.

Couche grise.

On atteint généralement avec la couche grise la zone silicatée. Ce n'est pas le cas à Moyeuvre, où la calcite occupe la presque totalité des espaces interoolithiques. Le silicate vert ne forme que quelques ilôts dans la gangue, ou une sorte de cloisonnement entre les cristaux de calcite, au milieu et à la base de la couche.

La sidérose se dépose autour des fragments de quartz entourés, en outre, d'une enveloppe silicatée.

Les organismes sont calcaires, ferrugineux, silicatés et phosphatés.

Joeuf.

Nous décrirons les couches rouge, jaune et grise de la mine de Joeuf.

Couche rouge.

Nous avons là un bel exemple de couche rouge, c'est-à-dire un minerai calcique et hydroxydé où la phyllite est tout à fait exceptionnelle. Elle se dépose, très localement, dans la gangue calcaire au contact des oolithes. Le minerai renferme des fragments de quartz et de nombreux fossiles calcaires, ferrugineux et parfois phosphatés.

Couche jaune.

On retrouve les caractères de la couche rouge et de la couche grise.

Par endroits en effet, la gangue est presque exclusivement carbonatée, alors qu'ailleurs la phyllite et la sidérose remplissent les espaces interoolithiques. En dehors des oolithes ferrugineuses il en existe quelques-unes de calcaires, montrant une belle structure concentrique.

Il faut signaler des fragments complexes à gangue et oolithes ferrugineuses. On ne trouve que peu de quartz en débris corrodés.

Notons la présence des organismes calcaires, ferrugineux et phosphatés.

Couche grise.

C'est un minerai très représentatif de la couche grise.

Les oolithes, d'un rouge brunâtre, sont presque toujours en con-

Source : MNHN, Paris

tact avec la phyllite, plus loin d'elles se dépose la sidérose, et très rarement la calcite.

Les organismes sont calcaires, ferrugineux et chloriteux.

En résumé, les trois horizons du gisement de Joeuf donnent des exemples classiques des couches rouge, jaune et grise.

Homécourt.

Nous avons examiné les couches rouge, jaune, grise, brune et verte, ainsi que deux intercalaires du gisement d'Homécourt.

Calcaires jaunâtres et marnes calcaires.

Le gîte est recouvert par le « calcaire jaunâtre », dépôt fossilifère qui renferme quelques oolithes ferrugineuses. Quant aux marnes calcaires, qui lui succèdent, elles ont la même composition.

Couche rouge.

L'abondance de l'hydroxyde cristallisé caractérise la couche rouge.

La goethite se dépose, en effet, en dehors des oolithes, dans le ciment calcaire et y forme des masses importantes. La matière ferrugineuse se concentre en particulier dans les portions du minerai renfermant une grande quantité d'éléments détritiques, principalement le quartz et accessoirement le mica.

Marnes bleues.

Au mur de la couche, s'est déposée une roche à oolithes ferrugineuses, mal développées. Dans la gangue, on distingue des parties silicatées riches en éléments clastiques, quartz, mica et exceptionnellement feldspath et des parties calcaires.

Le calcaire gris.

Le nom de calcaire gris a été donné à un dépôt que rien ne distingue d'une couche rouge à gangue calcaire pure.

Couche jaune.

La couche jaune conserve en partie les caractères de l'horizon supérieur.

Dans la gangue, en effet, prédomine la calcite, cependant elle est souvent phylliteuse. Dans les parties silicatées apparaît la sidérose de sorte que ce minerai représente un faciès de transition entre les couches rouge et grise.

Couche grise.

Cette couche grise est tout-à-fait remarquable. Les oolithes sont ferrugineuses, les organismes calcaires ferrugineux, silicatés et phosphatés. Une gangue constituée en partie par une chlorite verte et en partie par les carbonates, surtout par la sidérose, englobe des fragments de quartz corrodés.

Source : MNHN, Paris

Au mur de la couche, existe un dépôt silicaté riche en sidérose, puis un intercalaire quartzeux.

Couche brune.

Le toit de la couche brune est très siliceux, presque totalement dépourvu d'oolithes.

Plus bas, le minerai rappelle encore la couche rouge, les oolithes étant ferrugineuses et la gangue calcaire. Un grand nombre de fragments de quartz, de dimensions variables, et des lamelles de mica sont sertis dans la gangue imprégnée d'hydroxyde.

Au mur de la couche, la gangue devient silicatée et s'enrichit encore en éléments clastiques.

Couche verte.

La partie supérieure du niveau rappelle les caractères de la couche grise.

A partir des « marnes vertes » tendres, les oolithes y deviennent franchement silicatées et dans la gangue prédomine la sidérose. Elle occupe les espaces interoolitbiques et envahit plus ou moins les ovoïdes. Nous avons là la preuve de la nature silicatée initiale des ovoïdes en sidérose que l'on rencontre souvent dans les niveaux inférieurs. L'hydroxyde de fer ne cristallise pas à l'état libre. Le seul minéral opaque qui se dépose accessoirement est le sulfure de fer. Les organismes sont silicatés et calcaires.

Il existe à la base de ces marnes des faciès très silicatés. La phyllite largement cristallisée forme un liséré radial autour des oolithes, des fragments de quartz et des organismes.

Près du mur, on voit, parfaitement réalisés les caractères de la couche verte. Les oolithes et la gangue y sont silicatés. Dans le ciment la phyllite est plus franchement verte que dans les oolithes colorées par un pigment jaunâtre. Elles ont subi une déformation profonde. La sidérose se présente en cristaux automorphes dans la gangue et parfois dans les oolithes. Le quartz, assez abondant, est peu corrodé. On observe de nombreux organismes calcaires et silicatés.

Moutiers.

Nous avons eu à notre disposition des échantillons des couches rouge, jaune et grise, ainsi que les préparations de la collection J. Bichelonne se rapportant aux mêmes niveaux.

Couche rouge.

Au toit et au sommet, les minerais sont très calcaires. En effet, des oolithes ferrugineuses sont serties dans un ciment de calcite très largement développé. On ne trouve que peu de quartz, en fragments ténus.

Au milieu de la couche, le nombre des oolithes augmente et on est en présence d'une couche rouge typique.

Source : MNHN, Paris

Intercalaire entre les couches rouge et jaune.

Les oolithes sont peu nombreuses et mal formées. On observe, dans une gangue tantôt calcaire, tantôt silicatée, un grand nombre de fragments de quartz clastique et des organismes calcaires, ferrugineux, silicatés et phosphatés. Dans les parties phylliteuses se déposent la sidérose en cristaux indépendants et des lamelles de mica.

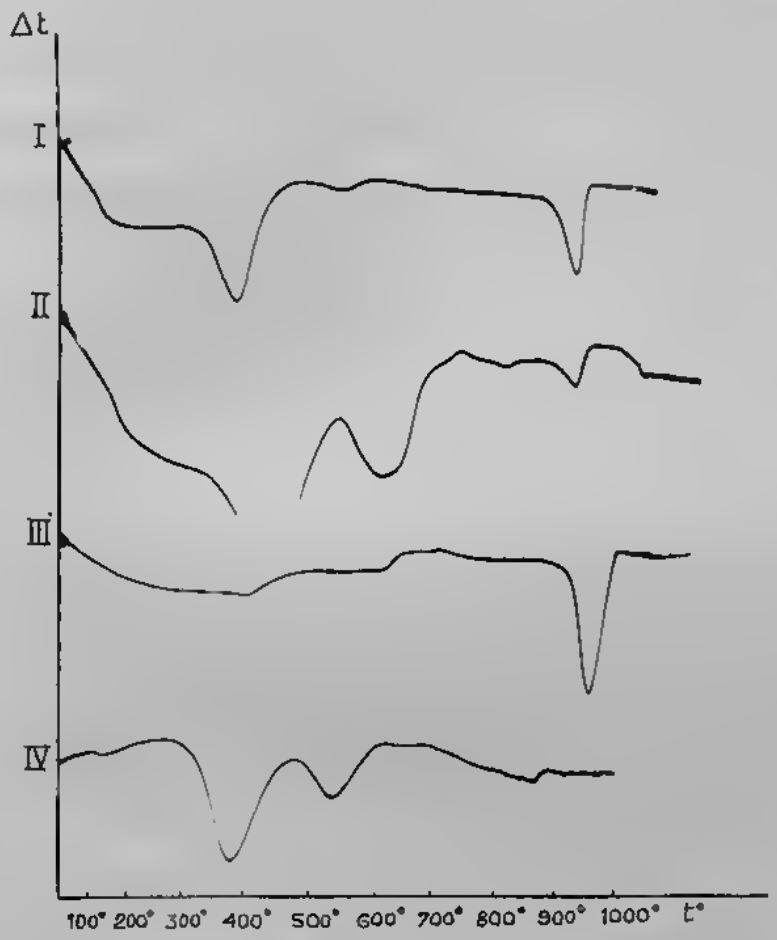


Fig. 15. — Courbes thermiques différentielles des minerais de Moutiers. I. — Couche rouge. II. — Minerai calcaire de la couche jaune. III. — Minerai phylliteux de la couche jaune. IV. — Couche grise.

Couche jaune.

La composition minéralogique diffère peu de celle de la couche rouge, toutefois les fragments de quartz sont légèrement corrodés.

A la base du niveau, la phyllite forme soit un liséré vert, soit des masses très limitées autour des oolithes et constitue aussi le noyau de quelques-unes d'entre elles.

Source : MNHN, Paris

Dans le niveau s'intercale un banc calcaire.

Au mur, il ne persiste que quelques oolithes et la formation prend les caractères d'un intercalaire à gangue mixte, silicatée et carbonatée.

Couche grise.

Au-dessous de cet intercalaire, on rencontre le minerai typique de la couche grise alternant avec des portions carbonatées.

En effet, la gangue n'est pas partout phylliteuse, par endroits la calcite et la sidérose occupent une grande partie des espaces interoolithiques.

Le quartz clastique accuse des phénomènes de corrosion par la sidérose.

Au mur, on retrouve le faciès intercalaire, riche en éléments détritiques, avec de l'hydroxyde de fer dans le fond silicaté très fossilifère.

Etude thermique.

En examinant les courbes thermiques (fig. 15) des échantillons étudiés, on se rend compte que la couche rouge calcaire et ferrique (courbe I) est séparée de la couche grise (courbe IV) par un niveau intermédiaire, la couche jaune où l'on trouve à la fois une roche calcaire (courbe II) et un minerai phylliteux (courbe III).

Valleroy.

Nous décrirons les couches rouge, jaune, brune, noire et verte, de Valleroy d'après les observations faites grâce aux préparations de la collection J. Bichelonne.

Couche rouge.

Deux bancs calcaires recouvrent la couche rouge de Valleroy.

Le premier, le calcaire marneux, est un dépôt oolithique avec une structure mal agencée. Les oolithes ferrugineuses, de forme irréguliére, sont serties dans une gangue où les divers éléments constituent un assemblage chaotique. La calcite, qui se développe parfois en masses considérables, renferme des petits îlots silicatés et ferrugineux. Ailleurs, la phyllite imprégnée d'hydroxyde prédomine, englobant des cristaux de sidérose de petite taille, des lambeaux de calcite, de minuscules débris de quartz et des lamelles de mica.

Dans le « calcaire coquiller » les oolithes présentent des formes et des dimensions normales et la calcite y cristallise en larges agrégats. On retrouve, par endroits, le silicate ferrugineux avec les cristaux de sidérose. Les organismes sont calcaires et ferrugineux.

Au dessous de cette couverture, plus ou moins silicatée, on atteint la couche rouge à gangue calcaire homogène. La goethite se concentre dans les oolithes et les organismes. Il existe aussi des fossiles calcaires et phosphatés. Les quelques fragments de quartz sont intacts.

Source : MNHN, Paris

Calcaire marneux.

Au-dessous de la couche rouge, le « calcaire marneux » s'avère en réalité formé par une masse de calcite englobant des oolithes silicatées, plus ou moins ferrugineuses. On y observe des fragments complexes dans lesquels une gangue de goethite réunit quelques oolithes.

Couche jaune.

Dans la couche jaune, une gangue en partie calcaire, en partie silicatée, relie des oolithes déformées et tassées. La phyllite verte épigénise quelques organismes. Le quartz reste toujours intact.

Marnes siliceuses.

Les marnes siliceuses, qui séparent les couche jaune et grise, sont riches en quartz et très fossilifères.

La gangue silicatée et calcaire englobe quelques oolithes ferrugineuses et de petits cristaux de sidérose.

On y retrouve des fragments complexes très ferrugineux.

Couche grise.

Au toit de la couche, presque entièrement dépourvu d'oolithes, s'associent en agrégats largement cristallisés la calcite et la sidérose.

Au-dessous de ce banc carbonaté, les oolithes s'entassent et le minerai prend une texture stratifiée. Le silicate vert abonde dans la gangue, où il voisine avec la calcite et la sidérose. Le quartz est tantôt intact, tantôt corrodé par une mince enveloppe de sidérose.

A la partie inférieure de la couche, dans une gangue plus large, les oolithes retrouvent leur taille et leur forme normales. Le silicate vert prédomine dans le ciment et la sidérose y prend une importance accrue. Elle englobe et corrode les fragments de quartz.

Marnes.

Plus bas, on rencontre un niveau marneux.

Les oolithes sont à nouveau mal développées. La roche renferme une grande quantité de quartz et de minéraux clastiques accessoires, mica, feldspath et tourmaline bleue. Dans la gangue on distingue le silicate vert et les deux carbonates. La pyrite s'y dépose en fines gouttelettes arrondies.

Couche brune.

Dans la partie supérieure de la couche brune, les oolithes ferrugineuses, bien formées et de grande taille, sont serties dans une gangue parfois calcaire, mais plus souvent très ferrugineuse et silicatée. On remarque une multitude de débris de quartz, de cristaux de sidérose et des lamelles de mica. Le quartz apparaît aussi en fragments plus gros, toujours intacts. Un liséré de calcite sépare souvent les oolithes de la masse ferrugineuse du ciment.

Dans la partie inférieure de la couche, nous retrouvons des ooli-

Source : MNHN, Paris

thes normalement constituées dans une gangue qui a les caractères des intercalaires. Elle est, en effet, silicatée, très riche en quartz. La sidérose y forme de petits cristaux et la calcite de nombreux lambeaux irréguliers. On peut signaler aussi la présence de quelques débris de feldspath.

Calcaire coquiller.

Au-dessus de la couche noire, le calcaire coquiller renferme des oolithes ferrugineuses très bien développées.

Dans la gangue on distingue des parties calcaires homogènes mais généralement le ciment est silicaté. Il englobe un nombre considérable de débris de quartz, des lamelles de mica, et des cristaux de sidérose.

Couche noire.

Dans la couche noire le silicate vert constitue une partie importante de la gangue, mais presque toujours une large enveloppe de sidérose se dépose sur les flancs des oolithes, plus ou moins déformées et entamées. Le carbonate de fer forme également des agrégats homogènes ou entoure le quartz. Les organismes sont calcaires et ferrugineux.

Couche verte.

Nous avons, avec le niveau inférieur, un exemple magnifique de couche verte.

Les oolithes silicatées ne sont que très légèrement teintées de jaune et un liséré vert souligne leurs contours.

Dans la gangue prédomine parfois la sidérose, elle remplit alors les espaces disponibles entre les oolithes. Dans les zones carbonatées, celles-ci sont intactes, quoique laminées. Ailleurs, le silicate est l'élément prépondérant du ciment, mais la sidérose forme des agrégats ou des cristaux d'assez grande taille. Dans ces zones, le carbonate envahit les oolithes réduites en lambeaux qui se confondent quasiment avec la gangue.

Le quartz, très corrodé, et des organismes calcaires et silicatés apparaissent dans le ciment où se dépose la pyrite. L'hydroxyde de fer fait défaut.

h) Partie Sud.

Rombas.

Nous n'avons étudié à Rombas que le minerai de la couche jaune. Par sa composition, il rappelle une couche rouge typique, les oolithes ferrugineuses étant cimentées par un agrégat de calcite. Il renferme quelques débris de quartz et des lamelles de mica dans les parties imprégnées de stilpnosidérite.

Source : MNHN, Paris

Roncourt.

Les matériaux qui nous ont servi pour cette étude proviennent, pour la plupart, de la collection J. Bichelonne.

Couche rouge.

Le toit de la couche rouge est un dépôt oolithique à gangue calcaire, largement cristallisée. Les ovoïdes, peu nombreux, sont ferrugineux, cependant certains d'entre eux laissent entrevoir un support silicaté. Dans la gangue se dépose la sidérose, surtout autour des fragments de quartz. Il existe aussi des étendues assez considérables de silicate, de type intercalaire, englobant des cristaux de sidérose ; on remarque des organismes calcaires, ferrugineux et silicatés.

Au-dessous du toit, la couche devient en partie silicatée, la chlorite verte indifférenciée occupe une partie importante des espaces interoolithiques. Le quartz est toujours englobé et corrodé par la sidérose. Les organismes restent calcaires, ferrugineux, silicatés et phosphatés.

On trouve ailleurs, dans ce niveau, un minerai ayant les caractères de la couche rouge. Intercalés dans cette variété calcaire et ferrugineuse, se trouvent des portions silicatées où la sidérose s'ajoute à la calcite. Ce faciès se généralise au mur de la couche.

Intercalaire entre les couches rouge et jaune.

Entre les deux couches supérieures la roche devient essentiellement silicatée.

Seules les rares oolithes sont ferrugineuses. Dans la gangue cristallise la sidérose accompagnée par la calcite, en minuscules agrégats, ou en rhomboèdres bien formés. La pyrite s'y dépose en nombreux globules. Des fragments de quartz, inégalement répartis, s'accumulent en groupes, attaqués par la sidérose.

Couche jaune.

La couche est essentiellement carbonatée.

La calcite englobant quelques agrégats de sidérose forme la gangue. Le silicate vert, très accessoire, se dépose entre les cristaux de calcite ou forme un liséré autour des fragments de quartz et de quelques oolithes. Celles-ci sont à support silicaté, quoique toujours imprégnées de stilpnosidérite.

Au mur de la couche, le minerai s'enrichit en quartz et devient très fossilifère. Dans la gangue prédominent le silicate ferrugineux et la sidérose, quoique la calcite y subsiste.

Intercalaire entre les couches jaune et grise.

Quelques oolithes silicatées, vert pâle apparaissent dans ce stérile dépourvu d'hydroxyde de fer. La sidérose y forme des agrégats qui transgressent sur les oolithes et attaquent les fragments de quartz. La roche renferme des organismes calcaires et silicatés.

Source : MNHN, Paris

Couche grise.

La couche grise est un minerai à gangue en partie silicatée, en partie formée par la calcite et la sidérose. Elle comporte, à l'échelle microscopique, des zones ferrugineuses pauvres en oolithes où le carbonate de fer apparaît en nombreux cristaux.

Les oolithes, en général ferrugineuses, deviennent silicatées au mur de la couche où elles prennent une couleur jaune verdâtre. Les quelques fragments de quartz sont corrodés par la sidérose.

Banc calcaire.

Au-dessous de la couche grise se trouve un dépôt appelé banc calcaire, qui a, en réalité, une composition complexe. Une variété de roche silicatée et carbonatée y prédomine, mais il comprend aussi des accidents calcaires.

Les oolithes « phylliteuses » à belle structure concentrique ont souvent pour noyau un fragment de fossile silicaté, plus foncé que l'enveloppe.

Dans la gangue, la calcite englobe généralement les agrégats ou des cristaux de sidérose. Ce minéral envahit les oolithes en se substituant à elles. Telle est l'origine des ovoïdes carbonatés, à contours nets ou dentelés, fréquents dans cette roche. Le silicate vert se dépose aussi en îlots dans la gangue et prend, dans certaines préparations, un développement notable.

Couche noire.

La couche noire accuse des variations importantes et on peut y distinguer trois catégories de minerais.

La première, à gangue phylliteuse et carbonatée, rappelle la couche grise.

La seconde est caractérisée par la présence d'un nombre considérable de petits cristaux de sidérose dans le ciment.

La troisième, très riche en quartz et presque entièrement dépourvue d'oolithes, ne contient pas d'hydroxyde de fer.

Au milieu du niveau, la sidérose montre un aspect particulier ; les cristaux, transparents dans les parties extérieures, possèdent un centre noir opaque.

Au mur de la couche, plus homogène, les oolithes et la gangue sont silicatées. La sidérose y cristallise en abondance et le minerai ressemble aux couches vertes.

Auboué-Moineville (*).

Nous avons étudié dans la concession d'Auboué-Moineville tous les horizons minéralisés du bassin Lorrain.

(*) S. Caillère, F. Kraut. — *Bull. Soc. Géol. Fr.*, t. 18, 5e sér., fasc. 6-7, 1948, p. 529-536.

Source : MNHN, Paris

Marnes micacées.

Ce niveau comporte quelques oolithes ferrugineuses. Il est caractérisé par l'abondance du quartz clastique et par une gangue silicatée et ferrugineuse. On y observe aussi des débris de microcline et des lamelles de mica.

Calcaire coquiller.

Le calcaire coquiller est un dépôt oolithique bien organisé mais on ne compte encore, dans la gangue calcaire, que peu d'ovoïdes ferrugineux et silicatés. Signalons la présence de fragments à contours arrondis, constitués par des oolithes prises dans une masse calcaire et ferrugineuse.

Couche rouge.

Ce qui caractérise la couche rouge d'Auboué, c'est le contraste entre les oolithes et le ciment.

En effet, dans une gangue claire, formée par la calcite et la sidérose, se détachent les ovoïdes ferrugineux d'une teinte rouge. En plaque mince, ceux-ci paraissent homogènes, mais l'examen en lumière réfléchie montre qu'ils renferment, comme noyau, un organisme en goethite. L'hydroxyde de fer cristallisé épigénise la plupart des fossiles. Les autres sont calcaires ou réunissent avec la calcite la goethite, la stilpnosidérite ou plus rarement la phyllite. Exceptionnellement, la pyrite intervient dans cette épigénie et on rencontre des débris d'os phosphatés, agissant parfois sur la lumière polarisée entre nicols croisés.

Dans la gangue se développe la pyrite. Une particularité à remarquer est le nombre restreint des fragments de quartz.

La couche rouge comporte un banc de marnes gris-bleu dépourvu d'hydroxyde de fer. Les oolithes ferrugineuses disparaissent, par contre on y remarque de petites concrétions ovoïdales silicatées. Les organismes sont en partie épigénisés par la phyllite. Dans la gangue calcaire apparaissent des agrégats de sidérose.

Couche jaune.

Dans son ensemble, la couche garde les propriétés du niveau précédent, mais le silicate vert entoure les fragments de quartz. Ces débris corrodés servent souvent de noyaux aux oolithes. La contribution des organismes est importante, la plupart sont calcaires, d'autres ferrugineux, souvent la calcite s'associe dans un même fossile à la goethite ou à la « chlorite ».

Marnes bleues.

Entre les couches jaune et grise s'intercale un niveau silicaté, où la calcite accompagne la phyllite dans la gangue. La sidérose cristallise dans les parties silicatées. Les éléments détritiques, quartz et accessoirement mica et feldspath, abondent. On observe des concrétions ovoïdales vertes et des organismes calcaires et silicatés.

Source : MNHN, Paris

Couche grise.

Si l'on y retrouve les oolithes ferrugineuses, la couche grise se distingue des niveaux précédents par une gangue surtout chloriteuse. Les organismes sont analogues à ceux des couches rouge et jaune, c'est-à-dire calcaires, calcaires et ferrugineuses, ou calcaires et silicatés. En outre, des débris phosphatés apparaissent, nettement anisotropes. Signalons encore la présence d'organismes en calcite maclée.

Au mur de la couche, on trouve un accident très riche en quartz, on remarque aussi des fragments de feldspath dans la gangue calcaire et silicatée.

Marnes roses et grises.

Dans ces « marnes » les oolithes sont ferrugineuses, le ciment essentiellement silicaté. La calcite occupe une partie des espaces interoolithiques, la sidérose forme des cristaux dans la phyllite.

Le ciment englobe du quartz clastique en gros grains ou en débris minuscules, le mica muscovite apparaît en nombreuses paillettes et la pyrite en petit amas.

Les organismes montrent une grande diversité, ils sont calcaires, ferrugineux et silicatés, et plus rarement phosphatés. Cette composition minéralogique ne justifie pas la dénomination de marne.

Couche brune.

Au toit et au mur, la couche renferme quelques oolithes ferrugineuses, elle est caractérisée par l'abondance de minuscules fragments de quartz et par une gangue phylliteuse, ferrugineuse, carbonatée, riche en mica. Les organismes sont en partie épigénisés par le silicate.

Au milieu de la couche, l'hydroxyde de fer abonde, les oolithes sont très rouges et dans la gangue calcaire et silicatée se dépose la stilpnosidérite en quantité notable.

Couche noire.

On distingue dans la couche noire deux variétés de minerais, l'un calcaire, l'autre silicaté.

Dans la première, le silicate forme un liséré autour des organismes et des fragments de quartz corrodés par la sidérose, tout le reste des espaces interoolithiques est occupé par la calcite. Les oolithes sont ferrugineuses, elles ont parfois comme noyau un fragment de quartz entouré d'un double liséré de sidérose et de phyllite.

Dans la variété silicatée, la gangue englobe des agrégats de sidérose et de marcasite. Parfois la phyllite, bien cristallisée, présente la structure radiale autour des oolithes, pour la plupart attaquées par la sidérose.

Couche verte.

Ce niveau est très différent de tous les autres.

La goethite a pratiquement disparu, tandis que le silicate se répartit dans les oolithes et la gangue. Il s'agit là d'une « chlorite gon-

Source : MNHN, Paris

flante » présentant un gonflement intrastructural. Les ovoïdes déformés et laminés se confondent avec le ciment. On les reconnait, cependant, grâce à leur coloration légèrement brunâtre. La sidérose cristallise dans les espaces interoolithiques et attaque de nombreux fragments de quartz (fig. 2, pl. I). La pyrite se dépose dans la gangue et exceptionnellement dans les organismes.

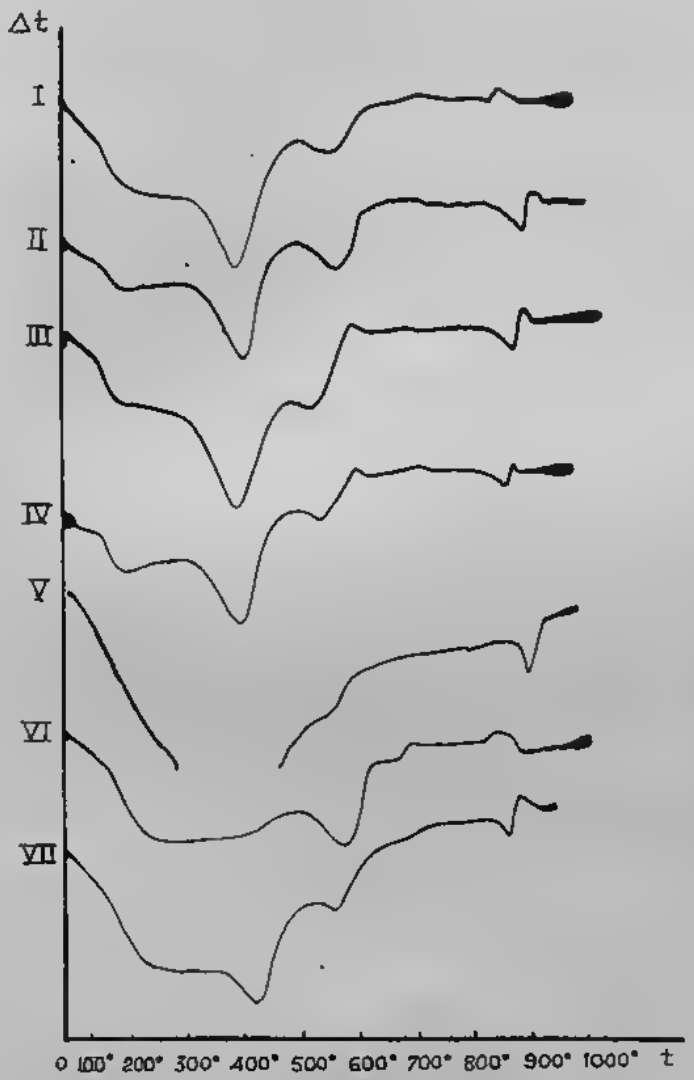


Fig. 16. — Courbes thermiques différentielles des minerais d'Auboué. I. — Couche rouge. II. — Couche jaune. III. — Couche grise. IV. — Couche brune. V. — Couche noire. VI. — Couche verte. VII. — Marnes roses.

Analyse thermique différentielle.

Les courbes thermiques (fig. 16) montrent une composition minéralogique très comparable dans les quatre niveaux supérieurs. Dans

Source : MNHN, Paris

la couche noire il se produit un enrichissement notable en hydroxyde de fer et l'abondance du silicate et de la sidérose caractérise la couche verte.

Giraumont.

Nous avons fait dans les mines de Giraumont une série de prélèvements donnant une image assez complète de la coupe du Bassin, car y sont accessibles les couches rouge, jaune, grise, noire et verte et un certain nombre d'intercalaires.

Dépôt silicaté.

Au-dessus de la couche rouge, se déposent les « marnes grises » et le « calcaire gris-blanc ». Il s'agit d'une même roche formée par des débris de quartz, quelques fragments de feldspath et une gangue silicatée verte, légèrement micacée. Le ciment englobe, en outre, de nombreux organismes calcaires et silicatés et de rares oolithes ferrugineuses.

Couche rouge.

Au toit de la couche, très calcaire, le nombre des oolithes et des organismes ferrugineux est faible.

Puis, le minerai devient à la fois plus oolithique et plus fossilifère et dans la gangue se déposent du silicate et de l'hydroxyde de fer. La stilpnosidérite forme un liséré autour du quartz et des organismes calcaires. On reconnaît des organismes épigénisés par la goethite aussi bien à l'intérieur des ovoïdes qu'en dehors d'eux.

Au mur de la couche, les oolithes sont silicatées, plus ou moins envahies par la sidérose, qui se dépose en un grand nombre de cristaux dans la gangue. Les débris clastiques, quartz et feldspaths, abondent.

Marnes au toit de la couche jaune.

On rencontre, au-dessous de la couche rouge, un dépôt qui se signale par le nombre exceptionnel des fragments de quartz et l'abondance des fossiles, surtout calcaires.

Quelques ovoïdes silicatés sont sertis dans la gangue chloriteuse et micacée, parsemée de sidérose. De larges veinules de calcite traversent la roche.

Couche jaune.

Ce niveau reste en partie calcaire et ferrugineux, comme la couche rouge, mais on y trouve des termes plus complexes, où une phyllite et les deux carbonates s'associent dans la gangue. Le minerai renferme de nombreux fossiles calcaires ou épiginisés par la goethite.

Couche grise.

Au toit de la couche, on appelle « crassin » une formation oolithique à gangue tantôt calcaire, tantôt silicatée avec débris de quartz et de mica. Les oolithes y sont ferrugineuses.

Source : MNHN, Paris

Au-dessous, le minerai prend l'aspect habituel de la couche grise, quoique riche en carbonate de calcium. On y distingue des accidents à structure particulière. Tantôt la sidérose apparaît en nombreux petits cristaux, tantôt les carbonates de calcium et de fer forment d'innombrables taches dans le ciment phylliteux.

Marnes roses.

Dans cette roche, les ovoïdes ferrugineux sont petits et de forme irrégulière. On distingue, dans la gangue phylliteuse et carbonatée, de nombreux fragments de quartz, accompagnés par la muscovite et le microcline.

Couche noire.

L'abondance de la calcite caractérise cette couche noire. En effet, dans ce niveau, un seul carbonate : la sidérose, accompagne la phyllite. A Giraumont, on ne la trouve qu'autour des nombreux grains de quartz et en cristaux isolés dans le silicate. Par contre, la calcite se développe dans les espaces interoolithiques. Les oolithes sont ferrugineuses.

Il faut noter aussi la présence de concrétions calcaires dont la coloration jaune est probablement due à un pigment ferrugineux et peut-être phosphaté.

Intercalaire noir-vert.

On observe dans cette roche des ovoïdes phylliteux, souvent un peu ferrugineux, plus ou moins envahis par la sidérose. Parfois, le remplacement est total et l'ovoïde entier est carbonaté. Le nombre des organismes calcaires est extrêmement élevé et on en observe aussi de silicatés. Dans le ciment silicaté se dépose le carbonate de fer en petits cristaux et la pyrite en minuscules globules. Le quartz forme des fragments auréolés de sidérose.

Couche verte.

A la partie supérieure de la couche verte, se rencontre un minerai de composition aberrante. Les oolithes sont brunâtres et on trouve de la goethite dans les organismes. La gangue, tantôt silicatée, tantôt carbonatée, rappelle la couche grise. Parfois la calcite occupe, avec la sidérose, la majeure partie des espaces interoolithiques ; le carbonate de fer se dépose notamment autour des fragments de quartz, et englobe des îlots de phyllite verte.

En dehors des variétés que nous venons de décrire, la couche verte renferme le minerai typique, essentiellement silicaté, sans hydroxyde de fer. Les ovoïdes phylliteux se placent dans une gangue elle aussi en grande partie « phylliteuse ». Leurs noyaux mêmes sont un organisme silicaté, légèrement teinté par la stilpnosidérite. La gangue franchement verte est criblée de cristaux de sidérose qui envahissent parfois les oolithes. Des veinules de carbonate de fer parcourent, en outre, le minerai reliant ovoïdes et fragments de quartz, toujours très corrodés. On trouve des organismes calcaires et silicatés.

Source : MNHN, Paris

Marnes vertes et pyriteuses.

Ces marnes ont, en réalité, la composition et la structure d'un minerai de couche verte, avec des ovoïdes silicatés et une gangue for-

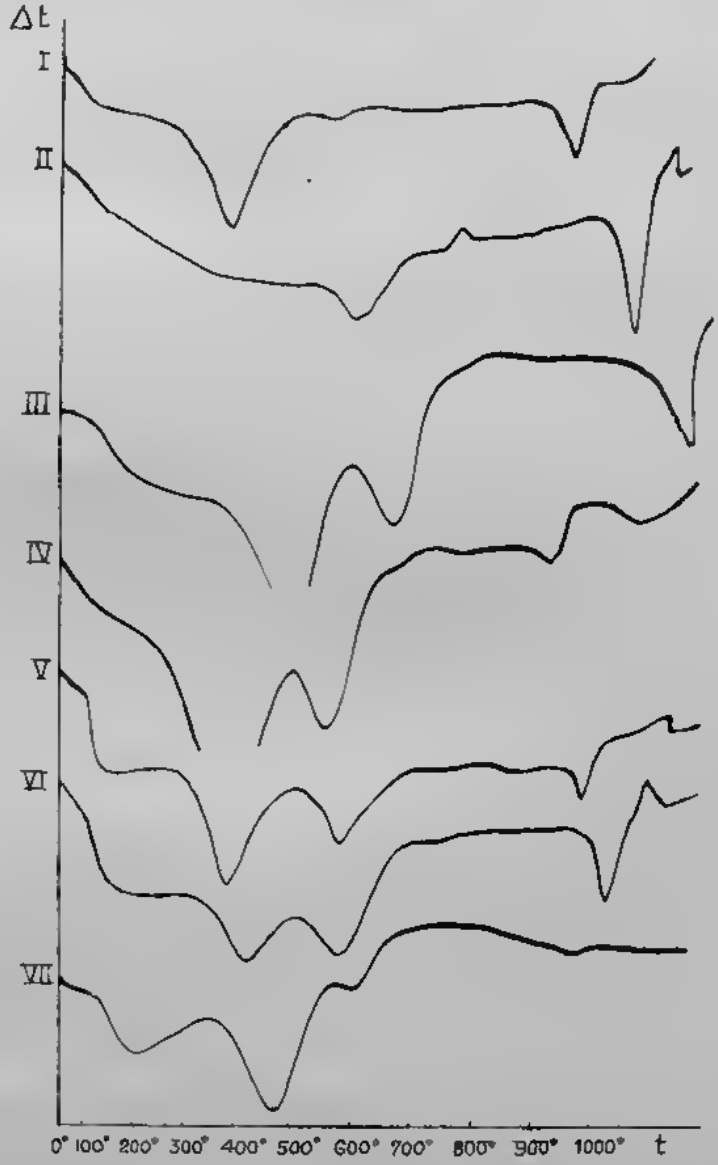


Fig. 17. — Courbes thermiques différentielles des minerais de Giraumont. I. — Couche rouge. II. — Marnes au toit de la couche jaune. III. — Couche jaune. IV. — Couche grise. V. — Marnes roses. VI. — Couche noire. VII. — Couche verte.

mée par la phyllite et la sidérose. Par endroits, les ovoïdes se chargent de produits ferrugineux et deviennent presque opaques, comme dans

Source : MNHN, Paris

les horizons supérieurs. On voit également des organismes épigénisés par l'hydroxyde et de la pyrite dans la gangue.

Etude thermique.

L'étude thermique met en évidence la présence d'une quantité notable de calcite dans tous les niveaux ; seule, la couche verte, est peu calcaire (fig. 17).

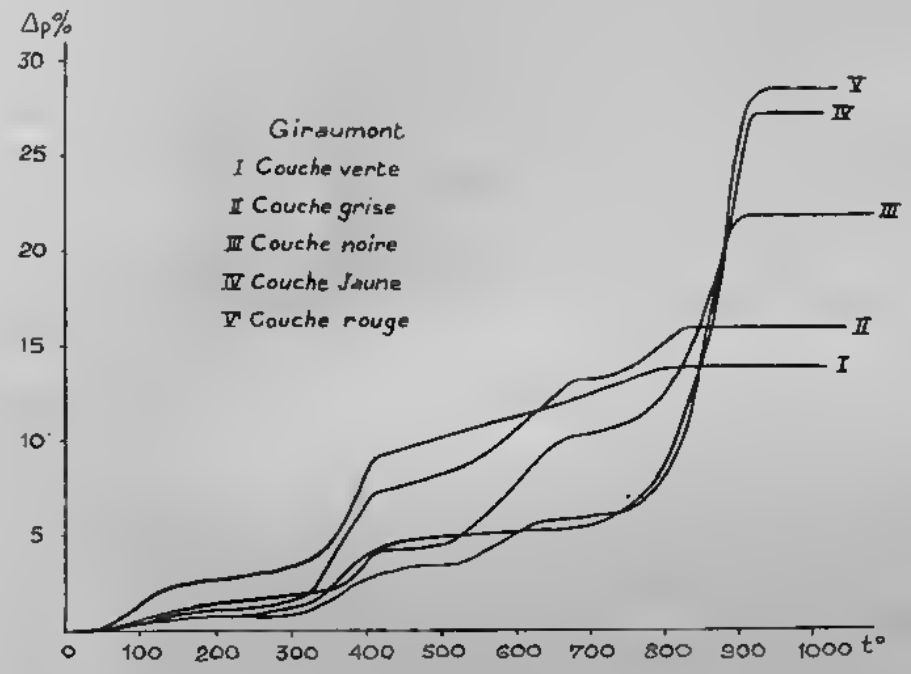


Fig. 18. — Courbes thermopondérales des minerais de Giraumont.

Quant à l'hydroxyde de fer, il abonde dans tout le gite y compris la couche verte. Le carbonate et le silicate ferreux sont mis en évidence par des crochets très importants à partir de la couche jaune.

Etude thermopondérale.

L'analyse thermopondérale, faite avec les échantillons des niveaux minéralisés, donne des courbes (fig. 18), très caractéristiques.

En comparant les diagrammes, on remarque que les couches rouge et jaune sont très calcaires, alors que les couches grise et verte ne renferment que peu de calcite. La teneur en calcite de la couche noire a une valeur intermédiaire.

Source : MNHN, Paris

Voici les chiffres calculés à partir des pertes de poids :

Constituants	Rouge	Jaune	Grise	Noire	Verte
Calcite	55	50	7	27	5
Goethite	25	15	40	20	30
Sidérose phyllite Quartz stilpnosidérite par différence	20	35	53	53	65

Ils font apparaître que le niveau le plus ferrifère est la couche grise.

JARNY (*).

Nous avons prélevé des échantillons dans la couche grise, seul niveau exploité dans la mine de Jarny, et étudié, en outre, des préparations de la couche jaune conservées dans la collection J. Bichelonne.

Couche jaune.

Aucune des préparations examinées ne donne l'exemple d'une couche jaune bien organisée.

Les oolithes ferrugineuses sont mal développées. Un ciment tantôt calcaire, tantôt calcaire et silicaté les englobe et, dans les zones phylliteuses, on reconnaît la sidérose. Les éléments clastiques abondent, en dehors du quartz et du mica, on identifie des débris de microcline. Les organismes sont calcaires, ferrugineux et silicatés.

Couche grise.

Au toit de la couche grise, l'abondance de la calcite caractérise le faciès le plus répandu. Les oolithes ferrugineuses sont cimentées par une masse calcaire où le silicate vert forme seulement quelques îlots. La sidérose s'y dépose en cristaux et en agrégats grenus. Dans cette variété existent des organismes calcaires et ferrugineux.

On trouve également au toit une roche dont la gangue est très silicatée et très ferrugineuse. Elle englobe une multitude de petits fragments de quartz et la sidérose cristallise en rhomboèdres séparés dans le silicate.

Puis, le niveau devient progressivement plus phylliteux, mais il reste, dans l'ensemble, plus calcaire que ne l'est d'habitude la couche grise.

A la base, la sidérose devient abondante. Elle constitue des cristaux séparés dans le silicate et une enveloppe épaisse autour des débris de quartz très corrodé.

Dans l'accident magnétique, que renferme la couche grise, l'oxyde

(*) S. CAILLÈRE, F. KRAUT, *C. R. Ac. Sc.*, t. 222, 1946, p. 600.

Source : MNHN, Paris

magnétique se concentre dans les espaces interoolithiques et épigénise quelques organismes. Les oolithes sont formées par le silicate et l'hydroxyde amorphe ou cristallisé. La magnétite de la gangue n'y pénètre qu'exceptionnellement. Le quartz clastique fait complètement défaut. Les organismes montrent une grande diversité. Beaucoup sont restés calcaires, mais dans d'autres la goethite et la phyllite remplacent, en partie, le carbonate. Enfin, des fragments d'os phosphatés ont été observés dans les minerais. Dans le ciment, son domaine essentiel, la magnétite se dépose en cristaux isolés ou en associations dentelliformes avec la sidérose et la phyllite. Elle forme aussi des masses compactes entre les oolithes. Ajoutons que la pyrite et la marcasite cristallisent dans les oolithes, dans les fossiles et dans la gangue.

En résumé, le minerai magnétique de Jarny ne renferme qu'un oxyde anhydre concentré dans la gangue. L'hématite fait défaut. Soulignons l'absence de quartz clastique.

Droitaumont.

Nous avons examiné, du gisement de Droitaumont, un minerai de la couche grise.

Dans les oolithes ferrugineuses, on reconnaît un noyau de silicate entouré de sidérose, mais plus souvent, c'est autour d'un fragment d'organisme qu'elles se développent.

L'hydroxyde de fer cristallisé épigénise la plupart des fossiles. Cependant, beaucoup sont calcaires et quelques-uns phosphatés. Le silicate constitue au moins un liséré autour des oolithes et des organismes. La sidérose se dépose en masse nettement en relief sur le ciment calcaire. Il forme aussi des agrégats de rhomboèdres entourés d'une enveloppe de silicate.

Source : MNHN, Paris

CHAPITRE III.

STRUCTURE LITHOLOGIQUE DE LA RÉGION DE NANCY.

I° GÉNÉRALITÉS.

Plus simple que la région de Longwy-Briey, celle de Nancy ne comporte qu'un seul bassin dans lequel on distingue trois couches : supérieure, moyenne et inférieure.

En examinant successivement ces trois niveaux, nous chercherons à établir des analogies avec les autres bassins.

1. — Couche supérieure.

Les échantillons de la couche supérieure proviennent de Marbache, Amance, Boudonville, Maron, Chavigny et Ludres.

Au niveau supérieur, très hétérogène, on rencontre, dans tous les gisements, un minerai ferrugineux et calcaire dont la composition et la structure rappellent la couche rouge des bassins voisins.

Les oolithes ferrugineuses sont cimentées par une gangue calcaire un peu silicatée, les portions phylliteuses étant plus ou moins imprégnées de stilpnosidérite. C'est par l'abondance du quartz clastique que ce type de minerai se distingue de la couche rouge de la région de Longwy-Briey.

Il existe, dans les gisements de Boudonville et de Maron, un autre faciès extrêmement caractéristique du Bassin de Nancy. Alors que dans les autres bassins, les couches supérieures sont essentiellement formées par des minerais où la calcite accompagne l'hydroxyde de fer, dans le bassin de Nancy, la goethite et la stilpnosidérite s'associent aux deux carbonates.

En ce qui concerne la calcite, qui forme ailleurs des agrégats grenus, elle apparaît souvent, dans le bassin de Nancy, en cristaux isolés de forme rhomboédrique parfaite.

Dans beaucoup de cas, une mince cloison de silicate sépare ces rhomboèdres. On distingue facilement les deux carbonates, les cristaux de sidérose étant généralement plus petits et plus allongés que les cristaux de calcite, et de forme lenticulaire.

A Maron-Val-de-Fer on connaît, en outre, un minerai silicaté de composition et de structure tout à fait analogues à la couche grise de Longwy-Briey.

Source : MNHN, Paris

II. — Couche moyenne.

Nous avons étudié la couche moyenne, dans les mêmes gisements, à l'exception d'Amance où seule la couche supérieure nous est connue.

On y trouve les minerais identiques à ceux de la couche supérieure, mais l'importance relative des différents faciès n'est pas la même.

Le type couche rouge est en régression, il fait défaut à Boudonville et Ludres.

A Maron-Val-de-Fer, on retrouve un faciès couche grise déjà signalé dans la couche supérieure du même gisement. Il existe aussi à Boudonville, Ludres et Marbache d'autres minerais silicatés, quartzifères et micacés, qui rappellent les intercalaires de la région de Longwy-Briey.

III. — Couche inférieure.

Dans la couche inférieure prédominent les minerais carbonatés et ferrugineux, tantôt type couche rouge, tantôt faciès Nancy avec la calcite en rhomhoédres.

Cependant, on rencontre à Chavigny et à Maron des minerais silicatés et à Ludres on connaît un dépôt analogue à la couche grise.

2° GISEMENTS DE LA RÉGION DE NANCY.

Cette région ne comprend qu'un bassin, celui de Nancy, que nous diviserons en deux parties : une partie nord située au nord du confluent de la Meurthe et de la Moselle, et une partie sud, comprenant les environs de Nancy, à l'intérieur de la branche de la Moselle, à laquelle nous rattacherons, sur l'autre rive du fleuve, le gîte de Sexey.

a) Partie Nord.

Marbache.

Nous avons prélevé des échantillons dans une carotte de sondage qui traverse tes trois couches minéralisées.

Couches supérieure et inférieure.

Les minerais de ces deux niveaux, absolument identiques au point de vue minéralogique, sont essentiellement calcaires et ferrugineux.

L'hydroxyde de fer se concentre dans les oolithes cimentées par une gangue calcaire largement cristallisée. On trouve quelques fragments de quartz, dans le ciment ou au centre des ovoïdes.

Couche moyenne.

Entre ces deux couches existe un niveau de composition variable où on retrouve encore le faciès calcaire et ferrugineux qu'accompagne

Source : MNHN, Paris

un minerai plus complexe. Dans ce dernier, la gangue silicatée englobe de nombreux cristaux bien formés de calcite et de sidérose. Les éléments clastiques abondent.

En dehors des fragments de quartz, on observe des lamelles de mica et des débris de feldspaths, microcline ou oligoclase.

Ajoutons que parfois les oolithes sont jumelées, entourées par une enveloppe commune ferrugineuse.

Avant-Garde.

L'étude des échantillons d'un sondage, effectué dans la concession de l'Avant-Garde, a montré la prédominance d'une roche plus ou moins oolithique.

Les ovoïdes ferrugineux, parfois jumelés, sont cimentés par une gangue complexe où le silicate englobe des rhomboèdres de sidérose et de calcite.

Le quartz y est très abondant, le mica ne manque jamais et on trouve quelques débris de feldspath.

En dehors de ce faciès, on rencontre un minerai calcaire et ferrugineux, analogue à ceux de la couche rouge des autres bassins.

Hazotte.

Deux minerais, désignés rouge et noir, nous ont été communiqués par l'Institut de Recherche de la Sidérurgie. Ils ont exactement la même composition, mais, dans chacun d'eux, on reconnaît deux faciès, l'un à gangue calcaire, l'autre à ciment silicaté. Dans ce dernier, la phyllite englobe des cristaux de sidérose, de la calcite en agrégats ou en rhomboèdres isolés. La goethite se dépose dans les espaces interoolithiques, où l'on aperçoit de petits débris de quartz et des paillettes de muscovite.

Bouxières.

Nous avons étudié la couche supérieure, dont il existe une série de préparations dans la collection J. Bichelonne.

Les oolithes ferrugineuses se logent dans une gangue hétérogène, calcaire comme dans la couche rouge, ou plus souvent silicatée et ferrugineuse. Dans ce cas, les deux carbonates s'y déposent en cristaux automorphes, la calcite y forme également de petits agrégats.

Le minerai englobe des fragments de quartz, du mica et des organismes calcaires et ferrugineux.

Eulmont.

C'est encore grâce à la collection J. Bichelonne que nous avons pu étudier le gisement d'Eulmont.

Minerai calcaire.

Dans la partie supérieure du gisement, on trouve un banc calcaire qui renferme des oolithes ferrugineuses et des organismes calcaires ou épigénisés par l'hydroxyde de fer.

Source : MNHN, Paris

Couche supérieure.

La couche débute par un « crassin marneux » caractérisé par un grand nombre d'oolithes ferrugineuses et une gangue mixte ; la calcite y alterne avec un silicate ferrugineux, dans lequel se déposent quelques cristaux de sidérose. On remarque des débris de quartz et de mica.

Dans la couche proprement dite, la gangue silicatée, imprégnée d'hydroxyde, renferme une multitude de petits fragments de quartz et des organismes calcaires et ferrugineux.

Marne rouge.

La marne située entre la couche supérieure et la couche moyenne est encore un dépôt calcaire et ferrugineux, caractérisé par la petitesse des oolithes, cependant bien formées.

Couche moyenne.

Les oolithes sont ferrugineuses et dans la gangue calcaire et silicatée se déposent également les hydroxydes. Le minerai ne renferme que peu de quartz.

Couche inférieure.

Dans la couche inférieure on note, à nouveau, une forte concentration en quartz. Dans la gangue calcaire, silicatée et ferrugineuse on remarque de nombreuses lamelles de mica.

Amance.

Dans ce gisement nous avons étudié uniquement des échantillons de la couche supérieure.

Trois d'entre eux, banc rocheux, gros banc et minerai carreau, présentent une composition analogue. Les oolithes ferrugineuses et quelques fragments de quartz sont sertis dans une abondante gangue calcaire. Il existe, cependant, des îlots silicatés imprégnés de stilpnosidérite. On observe aussi des fragments complexes, cimentés par la goethite englobant soit des débris de quartz, soit quelques oolithes.

Dans le « crassin » très quartzeux, les oolithes sont mal développées et entamées par la gangue où s'entremêlent silicate, calcite et sidérose.

La marne rouge est également une formation oolithique dans le ciment de laquelle prédominent la calcite et la sidérose, celle-ci en cristaux limonitisés.

b) Partie Sud.

Frouard.

Nous avons étudié les couches supérieures, moyenne et inférieure du gîte de Frouard.

Source : MNHN, Paris

Couche supérieure.

On retrouve, dans cette couche, le faciès caractérisé par une gangue silicatée où se déposent, en cristaux isolés, la sidérose et la calcite. Celle-ci forme également des agrégats grenus.

Le quartz et le mica abondent dans ce minerai phylliteux. Il existe aussi une variété à gangue calcaire, très ferrugineuse, pauvre en quartz.

On observe, dans la couche supérieure, des organismes calcaires, ferrugineux et phosphatés.

Couche moyenne.

Rien d'essentiel ne distingue les deux premiers niveaux, cependant la couche moyenne est plus calcaire que la couche supérieure et les carbonates montrent une cristallisation encore plus remarquable.

Couche inférieure.

Par rapport à la couche moyenne, on constate un enrichissement notable en sidérose. Cependant, on retrouve encore le minerai calcaire et le faciès silicaté.

Champigneulles.

Nous ignorons à quel niveau appartient un minerai de Champigneulles que l'on nous a demandé d'étudier. On distingue sous le microscope deux faciès :

1°) Le faciès couche rouge dépourvu de quartz ;

2°) Un faciès silicaté et ferrugineux très quartzeux et micacé.

Boudonville.

En dehors des couches minéralisées, nous avons examiné les roches qui recouvrent chacune d'elles.

Marne au toit de la couche supérieure.

Le dépôt ainsi désigné est plutôt un grès formé par de très nombreux fragments de quartz qu'accompagnent le mica blanc et quelques grains de zircon. Ces éléments clastiques, comme les organismes calcaires et ferrugineux, sont cimentés par une gangue silicatée, localement calcaire, où le carbonate prend parfois des formes cristallines nettes.

Grès au toit de la couche supérieure.

Au toit de la couche supérieure s'est déposé un niveau très siliceux où les fragments de quartz et des organismes, tantôt calcaires et tantôt ferrugineux, sont cimentés par une gangue calcaire. Elle ne renferme pas d'oolithes normales mais on y voit quelques concrétions ovoïdales ferrugineuses, sans structure oolithique.

Source : MNHN, Paris

Couche supérieure.

Dans la couche supérieure proprement dite, les oolithes ferrugineuses sont bien développées. La gangue, localement calcaire et plus généralement silicatée, est imprégnée de stilpnosidérite. Là calcite y cristallise en rhomboèdres de forme régulière remarquable. Quelques cristaux de sidérose, des lamelles de muscovite et de minuscules débris de quartz sont pris dans le ciment. Dans cette roche fossilifère on distingue des organismes surtout calcaires et quelques-uns ferrugineux.

Marne au mur de la couche supérieure.

Le nombre des oolithes diminue par rapport à la couche supérieure. La roche englobe de nombreux fragments de quartz. Sa gangue est verte, silicatée avec des lamelles de mica et une multitude de cristaux de sidérose. On y observe un peu de calcite, de pyrite et de goethite.

Marne ferrugineuse entre la couche supérieure et la couche moyenne.

Cet intercalaire est analogue à la masse située au mur de la couche supérieure.

Couche moyenne.

Une gangue, verte et micacée, dans laquelle cristallise la sidérose, renferme des oolithes et des organismes parfois silicatés et des fragments de quartz. On observe aussi des termes à ciment de calcite homogène, sans structure comme dans la couche rouge, ou en agrégats de cristaux automorphes.

Le nom de marne a été donné à un accident intercallé dans la couche moyenne, en réalité à une roche riche en quartz, qui renferme peu d'oolithes. Dans la gangue on reconnaît, outre le silicate, des cristaux de calcite et de sidérose, des lamelles de mica et des fragments de feldspath. Quelques organismes sont silicatés, les autres calcaires et ferrugineux.

Marne au mur de la couche moyenne.

Nous sommes encore en présence d'une formation oolithique, dont la gangue phylliteuse englobe des cristaux de sidérose et des paillettes de mica blanc. La calcite se dépose en lambeaux disséminés dans le ciment.

La zone oolithique alterne avec des bandes grèseuses riches en quartz.

Couche inférieure.

On distingue, dans la couche inférieure, deux types de minerais, l'un d'eux a les propriétés de la couche rouge, l'autre est silicaté avec une gangue imprégnée de stilpnosidérite. Les oolithes jumelées ne sont pas rares et on observe même des groupements de plusieurs ovoïdes cimentés par une masse de goethite. De nombreux cristaux

Source : MNHN, Paris

de sidérose et de calcite apparaissent dans le ciment, qui englobe une grande quantité de quartz, ainsi que des organismes calcaires et ferrugineux.

Maron-Val-de-Fer (*).

Lors d'une visite de la mine, nous avons recueilli des échantillons dans les couches supérieure, moyenne et inférieure, ainsi que dans deux niveaux stériles.

L'hydroxyde de fer et les carbonates prédominent dans le gite.

Une partie notable du fer se concentre dans les oolithes. Certaines d'entre elles sont entièrement opaques, mais, dans presque toutes, la goethite forme au moins quelques couches concentriques dans l'enveloppe transparente. Lorsque le noyau est visible, il s'agit soit d'un débris de quartz, soit d'un fragment d'organisme ou d'oolithe en hydroxyde de fer. Partout les fossiles calcaires abondent, mais on en rencontre toujours d'épigénisés entièrement ou en partie par la goethite et quelques tissus phosphatés.

Les éléments clastiques sont assez irrégulièrement répartis. Alors que le quartz est rare dans les couches minéralisées, les interealaires en renferment de grandes quantités, et c'est là que l'on observe également du feldspath et du mica détritique.

Une gangue carbonatée, généralement calcique, cimente le minerai ; il existe cependant deux accidents « chloriteux », l'un à la base de la couche supérieure, l'autre au toit de la couche moyenne. Tels sont les traits essentiels du gisement de Maron-Val-de-Fer. Voyons à présent l'aspect particulier à chaque horizon.

Couche supérieure.

A Maron-Val-de-Fer, la couche supérieure est très hétérogène, on y distingue plusieurs faciès.

1°) *Faciès couche rouge.* — Le plus souvent, le minerai calcaire et ferrugineux a la composition de la couche rouge de la région de Longwy-Orne, avec une séparation très nette des éléments. L'hydroxyde de fer se concentre dans les oolithes et accessoirement dans les organismes. Il forme aussi le ciment des fragments complexes dans lesquels se groupent quelques oolithes et parfois un nombre considérable de débris de quartz. Par ailleurs, le quartz clastique est peu abondant et cette rareté constitue la différence la plus remarquable avec la couche rouge des bassins Nord. Parfois la galène se dépose dans la gangue.

Les courbes thermiques (C. 1, fig. 19) reflètent bien l'image d'une roche calcaire où le fer, à l'état d'hydroxyde, joue un rôle important.

2°) *Faciès Nancy.* — Très fréquemment la composition et la structure se compliquent. Le minerai reste toujours ferrifère et car-

(*) S. Caillère, F. Kraut, *C. R. 77e Congrès Soc. Sav.*, Grenoble, 1952, p. 203-207.

Source : MNHN, Paris

bonaté, mais la sidérose s'ajoute à la calcite et la « chlorite » prend une certaine importance. Dans ce faciès les minéraux n'occupent pas

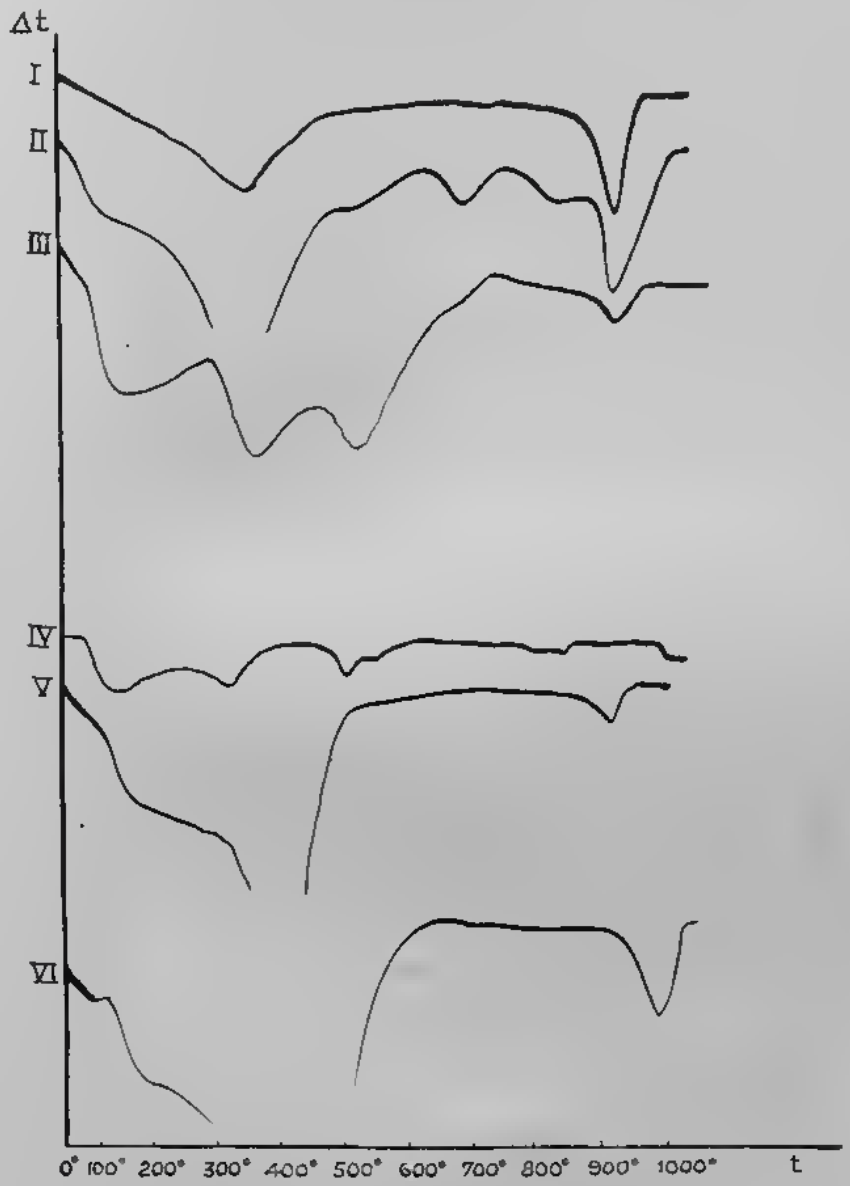


Fig. 19. — Courbes thermiques différentielles des minerais de Maron-Val-de-Fer. I, II, III. — Couche supérieure. IV, V. — Couche moyenne. VI. — Couche inférieure.

des aires continues dans la gangue. La calcite et souvent la sidérose cristallisent en rhomboèdres dans la masse silicatée, plus ou moins imprégnée d'hydroxyde.

Source : MNHN, Paris

Contrairement au faciès précédent, on trouve pas mal de quartz détritique dans cette variété, ainsi que des lamelles de mica et des débris de feldspath.

La courbe thermique (C. II, fig. 19) présente le crochet de la goethite et une faible inflexion due à la déshydratation de la chlorite et à la dissociation de la sidérose. En outre, trois accidents endothermiques vers 700, 800 et 900° retiennent l'attention. Le dernier correspond à la décomposition de la calcite. Les deux autres traduisent la dissociation d'un carbonate mixte, ferreux et calcique, formé probablement au cours du chauffage.

3°) *Faciès couche grise.* — En dehors des minerais ferrugineux et carbonatés, existent, au même niveau, des formations où le silicate devient un constituant essentiel.

En particulier, près du puits de Martinvaux on trouve un minerai tout à fait analogue à celui de la couche grise.

Les oolithes, encore ferrugineuses, y sont serties dans une gangue silicatée. D'autres particularités rappellent la couche grise. Les oolithes ont un noyau siliceux englobé par la sidérose et la chlorite. Elles sont souvent décollées. La sidérose attaque aussi les fragments de quartz dans la gangue.

La courbe thermique (C. III, fig. 19) met en évidence les hydroxydes de fer ainsi que la sidérose et la phyllite.

4°) *Faciès intercalaire.* — Si le quartz est peu abondant dans l'ensemble du gisement, il existe, dans la couche supérieure, des minerais très siliceux.

Une gangue « chloriteuse » et carbonatée englobe un très grand nombre de débris de quartz et des lamelles de mica.

En dehors des organismes calcaires et ferrugineux, on remarque des fossiles en partie épigénisés par le silicate.

On a affaire à un véritable intercalaire.

5°) *Type à oolithes silicatées.* — Le type le plus curieux de ce niveau réunit, dans une gangue calcaire, des oolithes tantôt ferrugineuses, tantôt silicatées. Ces dernières, d'un vert pâle, montrent une structure concentrique comme les ovoïdes des minerais primaires. Il existe également des termes mixtes où l'enveloppe est en partie silicatée et en partie ferrugineuse. L'étude de la phyllite de ce minerai a montré qu'elle pouvait être considérée comme une chlorite assez voisine de la thuringite.

Conglomérat entre la couche supérieure et la couche moyenne.

On distingue, dans ce conglomérat, des galets de couleur brunâtre cimentés par un minerai oolithique, gris vert.

Les galets, eux-mêmes, apparaissent comme des minerais oolithiques ayant une structure particulière. L'examen microscopique permet de les classer en trois catégories :

La première comprend des concrétions d'hydroxyde de fer, soit entièrement opaques, soit en partie transparentes englobant des ooli-

Source : MNHN, Paris

thes ferrugineuses. En sections polies, les zones colloïdales et cristallines alternent, réalisant une texture rubanée sinusoïdale.

Dans la seconde, des fragments de quartz clastique s'ajoutent aux oolithes.

La dernière catégorie, la plus complexe, possède un ciment mixte, carbonaté et ferrugineux.

On y voit trois stades dans la mise en place de la goethite. Elle se dépose d'abord autour des cristaux de calcite. On observe alors des rhomboèdres cernés par un liséré opaque. Ailleurs, l'hydroxyde envahit complètement les cristaux. Enfin, ceux-ci se groupent souvent en une masse compacte. Lorsque la goethite rencontre une oolithe, elle la contourne sans y pénétrer.

On assiste donc dans ce conglomérat à la formation de la goethite par deux mécanismes différents : premièrement, cristallisation à partir d'une masse colloïdale, dans les galets concrétionnés et deuxièmement, substitution à la calcite, dans des galets carbonatés.

Il n'y a rien de particulier à signaler à propos du minerai oolithique banal qui lie ces galets.

Couche moyenne. Galerie de la Vierge.

Au toit, les oolithes sont cimentées par une gangue chloriteuse, homogène, vert clair. Elle englobe des organismes calcaires ou ferrugineux ainsi que des concrétions de sidérose. Parfois les oolithes se sont développées autour de ces concrétions.

La courbe thermique (C. 2, fig. 19) comporte plusieurs inflexions assez faiblement développées, elles révèlent la présence d'un produit colloïdal, de la goethite, de la chlorite, de la sidérose et de la calcite.

Au-dessous du toit, la gangue change, devient calcaire.

L'analyse thermique (C. 5, fig. 19) ne met en évidence que les inflexions de la goethite et de la calcite.

Intercalaire entre les couches moyenne et inférieure.

Nous disposons de quatre échantillons de cet intercalaire.

Les deux premiers ont été prélevés dans la galerie principale de la concession de la Grande Goutte, les deux autres dans les galeries principales 1 et 0 de la concession de Maron-Val-de-Fer.

L'examen microscopique ne fait apparaître aucune différence importante entre eux. Ils sont, en effet, formés par les mêmes minéraux dont les propriétés relatives varient peu d'un prélèvement à l'autre.

Toutes ces roches renferment des oolithes, dont l'enveloppe ferrugineuse emprisonne généralement un organisme épigénisé par l'hydroxyde de fer et plus rarement phosphaté. Parfois un fragment de quartz occupe le centre de l'ovoïde. Une assez grande quantité de quartz clastique et des débris de feldspath se trouvent pris dans la gangue. Celle-ci n'est pas homogène, tantôt la calcite forme seule le ciment, tantôt la chlorite se charge de ce rôle, parsemée de cristaux de sidérose, lardée de mica.

Source : MNHN, Paris

L'analyse thermique confirme l'analogie de composition mise en évidence par l'examen microscopique.

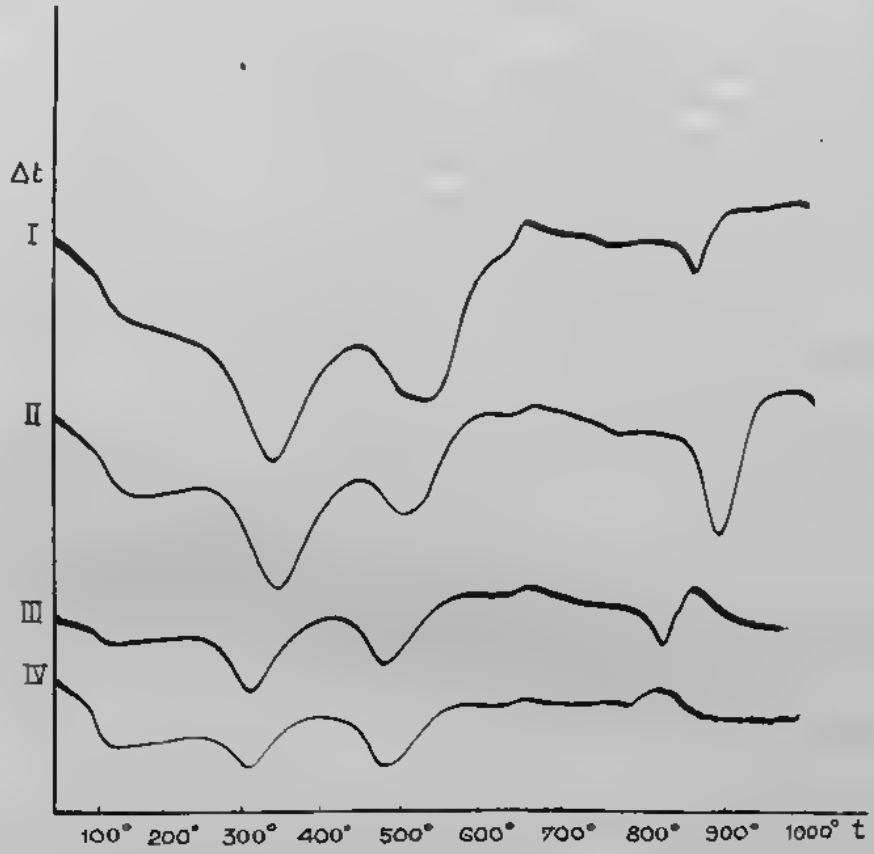


Fig. 20. — Courbes thermiques différentielles de l'intercalaire situé entre les couches moyenne et inférieure de Maron-Val-de-fer.

Toutes les courbes accusent un départ d'eau hygroscopique et la déshydratation de la goethite. Elles révèlent aussi la présence de la chlorite et des carbonates de fer et de calcium (C. 1, 2, 3, 4, fig. 20).

Couche inférieure.

Dans la couche inférieure coexistent également un minerai calcique, de type couche rouge, avec un minerai silicaté où la sidérose accompagne la calcite.

Une courbe thermique faite dans le premier montre, fortement développés, les crochets de la goethite et de la calcite (C. IV, pl. 1).

Dans le minerai silicaté, les carbonates sont dispersés dans la masse chloriteuse, la sidérose étant toujours bien cristallisée. On y découvre du quartz clastique et du mica. Il existe, par endroits, de la chlorite d'un vert vif, sans inclusion, carbonatée qui rappelle le silicate de la couche grise.

Source : MNHN, Paris

Etude thermopondérale.

Pour conclure, nous donnerons quelques indications d'ordre quantitatif sur la composition des couches minéralisées et de l'intercalaire compris entre les couches moyenne et inférieure.

Dans la fig. 21 on voit réunis les diagrammes de pertes de poids des trois couches, la couche supérieure étant représentée par deux diagrammes (1 et 2).

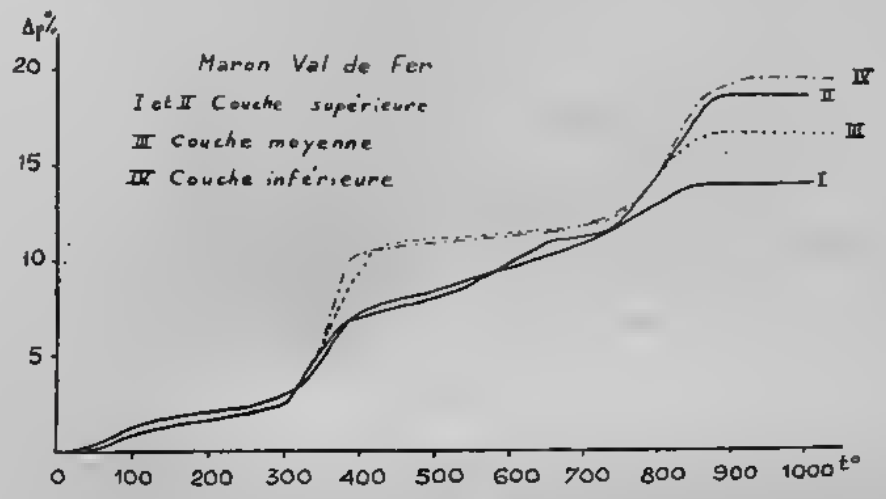


Fig. 21. — Courbes thermopondérales des minerais de Maron-Val-de-Fer.

Le tableau ci-dessous donne les résultats obtenus, à partir de ces courbes.

TABLEAU 1.

Constituants	Couche supérieure		C. moyenne	C. inférieure
	1	2		
Calcite.....	10	20	10	18
Goethite	50	50	80	75
Sidérose, phyllilite, quartz par différence.	40	30	10	7

Etant donné les variations observées dans l'intercalaire, nous avons effectué l'analyse thermopondérale sur les 4 échantillons étu-

Source : MNHN, Paris

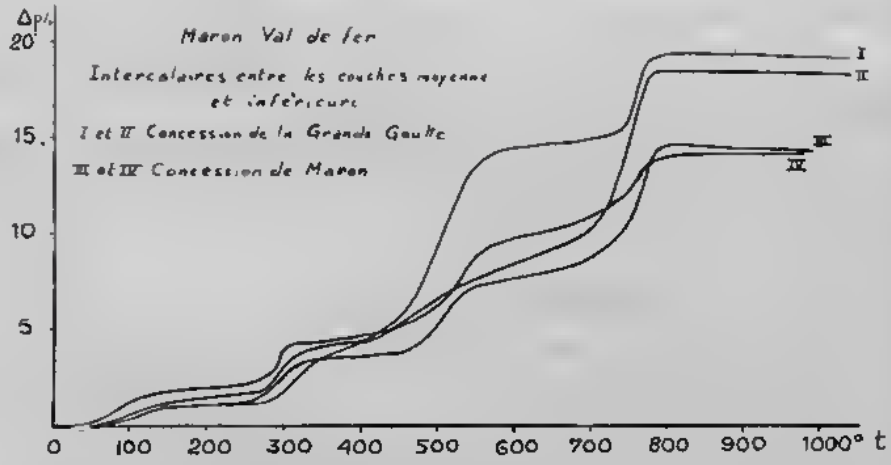


Fig. 22. — Courbes thermopondérales de quatre échantillons de l'intercalaire situé entre les couches moyenne et inférieure de Maron-Val-de-Fer.

diés (fig. 22). La composition minéralogique virturelle est résumée ci-dessous.

TABLEAU II.

Constituants	Concession de la Goutte		Concession de Marron Val de Fer	
	1	2	3	4
Calcite	8	20	15	7
Goethite	30	30	22	30
Sidérose phyllite, quartz	62	50	63	63

On voit que les couches moyenne et inférieure sont riches en goethite et renferment une quantité peu importante de sidérose et de phyllite.

D'autre part, la comparaison des diagrammes fait ressortir une différence essentielle entre les couches minéralisées et l'intercalaire. Celui-ci est peu ferrifère, par contre, les accidents imputables au carbonate et au silicate ferreux sont beaucoup plus importants que dans les niveaux minéralisés. C'est, d'ailleurs, ce que traduit quantitativement le tableau II.

Conclusion. — En résumé, on trouve dans les 3 niveaux le faciès couche rouge et un faciès silicaté avec de la sidérose. Dans la couche supérieure apparaît un minerai qui a tous les caractères de la couche grise.

Source : MNHN, Paris

La Fontaine-des-Roches.

Le minerai de la Fontaine-des-Roches est du type couche rouge avec des oolithes ferrugineuses et un ciment calcaire, sans quartz.

Chavigny-Vandoeuvre.

Dans le gîte de Chavigny les couches supérieure, moyenne et inférieure sont connues.

Couche supérieure.

Dans la couche supérieure, une gangue de calcite englobe des oolithes ferrugineuses, des fragments de quartz et des organismes soit calcaires, soit épigénisés par la goethite.

Couche moyenne.

La couche moyenne est aussi calcaire et ferrugineuse, peu siliceuse, mais le « gros blanc » qu'elle renferme a une composition et une structure plus compliquées. Dans la gangue silicatée, plus ou moins imprégnée de stilpnosidérite, la sidérose accompagne la calcite. On y voit des paillettes de mica, des organismes calcaires, ferrugineux et exceptionnellement phosphatés.

Couche inférieue.

L'abondance de la sidérose caractérise la couche inférieure, elle forme, par endroits, la presque totalité de la gangue, en cristaux séparés par une mince couche de silicate. Ailleurs, le ciment est calcaire.

En résumé, le minerai de Chavigny est carbonaté et peu quartzeux. La sidérose est plus abondante que la calcite, surtout dans la couche inférieure.

Ludres.

Nous décrirons les couches supérieure, moyenne et inférieure de ce gisement.

Couche supérieure.

Nous avons reconnu dans la couche supérieure deux sortes de minerais.

L'un possède des oolithes ferrugineuses, ainsi qu'une gangue calcaire et silicatée.

L'autre présente une composition et une structure plus particulières.

Dans la seconde variété, une masse calcaire finement grenue entoure les ovoïdes sans structure concentrique, formés par un agrégat de calcite grossièrement cristalline, mais il existe aussi des oolithes ferrugineuses qui ont la structure concentrique habituelle.

Localement la gangue calcaire se charge de silicate et la sidérose apparaît en nombreux cristaux lenticulaires. Les organismes sont calcaires et ferrugineux.

Source : MNHN, Paris

Couche moyenne.

Au toit de la couche moyenne, une gangue silicatée et calcaire englobe les oolithes ferrugineuses. La phyllite, plus ou moins imprégnée d'hydroxyde de fer, prédomine dans les espaces interoolithiques chargés de débris de quartz et de lamelles de mica.

Dans la couche proprement dite, la gangue est uniquement calcaire et parfois exclusivement silicatée. La calcite et la sidérose forment des cristaux dans la phyllite imprégnée de stipnosidérite.

Couche inférieure.

Dans la couche inférieure, on retrouve les faciès calcaire, silicaté et ferrugineux des niveaux précédents.

En général, les constituants sont entremêlés, cependant, parfois les carbonates apparaissent en cristaux isolés dans la masse silicatée. On observe aussi des minerais dont la composition et la structure rappellent la couche grise des bassins voisins. En effet, un silicate vert, en masse continue, remplit les espaces interoolithiques, ou forme, si la gangue est carbonatée, un liséré autour des ovoïdes.

Au mur de la couche se trouve un banc siliceux riche en fragments de quartz. Il englobe quelques oolithes, des lames de mica d'assez grandes dimensions, des débris de feldspaths et des organismes calcaires et ferrugineux. Dans la gangue silicatée et calcaire cristallise la sidérose. La roche a une texture schisteuse, oolithes, fragments et organismes étant disposés suivant des plans parallèles.

En résumé, si les niveaux supérieurs de Ludres s'intègrent bien dans l'ensemble minéralisé du bassin de Nancy, on retrouve, dans la couche inférieure, un faciès de la zone moyenne des autres bassins de Lorraine.

Sexey.

Nous avons étudié la couche inférieure à l'aide d'échantillons prélevés dans la concession St-Jean et Ste-Anne. Quoique voisins, les deux points de prélèvement fournissent des minerais différents.

Dans la concession St-Jean, les oolithes ferrugineuses, parfois jumelées, sont reliées par une gangue silicatée, souvent chargée de stilpnosidérite.

Dans ce ciment se déposent la sidérose et la calcite. Le quartz se présente en petits fragments inégalement répartis. On reconnaît des débris d'albite et des lamelles de muscovite. Signalons aussi la présence de quelques fossiles calcaires, ferrugineux ou phosphatés.

On retrouve dans la concession Ste-Anne ce même type de minerai auquel s'ajoutent une variété à gangue calcaire homogène et un faciès grenu.

Source : MNHN, Paris

CHAPITRE IV.

CONSIDÉRATION SUR LA GENÈSE DES MINERAIS DE FER OOLITHIQUES LORRAINS.

1°) RÉGION DE LONGWY-BRIEY.

A. — Principes généraux (5).

De nombreuses hypothèses ont été faites pour expliquer la genèse des minerais de fer oolithiques et il paraît difficile de trouver quelque chose d'entièrement nouveau dans ce domaine. Cependant, nous avons jugé utile de résumer les conclusions que nous avons tirées de l'étude des gisements lorrains.

La composition minéralogique et la structure des minerais constituent la base de notre travail. Par exemple, nous envisagerons le rôle des produits colloïdaux parce que nous les avons directement reconnus, mais nous n'admettons pas la théorie métasomatique de L. Cayeux, car nous n'avons pas observé, dans les couches minéralisées, d'oolithes calcaires.

Nous pouvons dire, dès à présent, que toute tentative d'établir une *chronologie absolue* à la lueur des observations microscopiques se heurte à des difficultés insurmontables.

Si on envisage, par exemple, une évolution progressive des oxydes de fer depuis le gel jusqu'à la magnétite, en passant par la gœthite et l'hématite, on se trouve en contradiction avec les données structurales. Nous savons, en effet, que tous les minéraux formés *in situ* se déposent dans les organismes. En admettant une telle évolution, on trouve dans les fossiles les produits les moins évolués et les termes ultimes de la transformation.

Or, les organismes sont prisonniers à la fois de la gangue et des oolithes, deux milieux auxquels on a l'habitude d'attribuer des âges différents et qui, en réalité, sont presque toujours minéralogiquement différents.

Voyons le cas très fréquent d'un organisme en gœthite dans une enveloppe de stilpnosidérite. Le fossile, antérieur à la zone corticale, représente le stade le plus évolué. Cependant, après cette phase cristalline il s'est déposé encore de l'hydroxyde colloïdal dans l'enveloppe.

D'ailleurs, les organismes ne sont pas les seuls éléments identi-

Source : MNHN, Paris

ques placés dans les oolithes et les espaces qui les séparent. Souvent le noyau est un fragment emprunté à la gangue même.

Ces considérations montrent déjà la relativité de la chronologie classique qui sépare nettement dans le temps la formation de l'ovoïde autour d'un fragment préexistant, puis le dépôt de la gangue. On est ainsi conduit à admettre que le ciment et la zone corticale, qui l'un et l'autre emprisonnent des éléments identiques, se forment en même temps.

Une constatation, indépendante de toute hypothèse et de toute interprétation, est le fait que les oolithes sont le lieu de prédilection des produits colloïdaux et que la gangue est généralement bien cristallisée.

Est-il possible, dans le cas des produits ferrugineux par exemple, de dire qu'arrivés sous forme colloïdale ils resteront un certain temps à cet état, puis passeront à l'état cristallin ? On peut répondre immédiatement non.

En effet, nous voyons déjà la gœthite cristallisée dans les organismes, noyaux de futurs oolithes, alors que la zone corticale se formera, certainement plus tard, à l'état colloïdal.

Par conséquent, il faut supposer simultanément un dépôt cristallin et un dépôt colloïdal des produits ferrugineux.

Ajoutons que le fer n'est pas le seul élément susceptible de se trouver à l'état colloïdal. Des gels de silice et d'alumine sont certainement associés aux produits ferrugineux, mais il n'est pas possible de les identifier au microscope.

Après avoir formulé ce principe fondamental, nous chercherons des arguments qui plaident en sa faveur. La démonstration sera basée sur des considérations structurales et sur la composition minéralogique. Or, celle-ci est variable et nous verrons que ce sont les cas les plus complexes qui éclairent le mieux les relations chronologiques.

On peut, en effet, distinguer des associations minéralogiquement très simples et des paragénèses plus compliquées.

Minerai à un seul constituant.

Il n'existe pas de minerai strictement monophasé, mais on trouve, au sommet et surtout à la base du dépôt, des associations où un des constituants arrive, au moins localement, à une prédominance telle que le rôle des autres est pratiquement négligeable.

C'est le cas, par exemple, de certains accidents de la couche rouge de Bréhain, essentiellement ferrugineux et de la couche verte d'Auboué, presque exclusivement silicatée. Remarquons que ces minerais, minéralogiquement différents, présentent des analogies structurales : les oolithes y sont mal formées et se confondent quasiment avec la gangue. Il semble qu'un milieu de composition simple ne présente pas de conditions favorables à l'épanouissement de la structure oolithique dans les formations ferrugineuses.

Il est impossible de fixer l'âge des constituants dans un tel minerai. Par exemple, le silicate d'une couche verte ne peut pas être attri-

Source : MNHN, Paris

bué à la phase de formation des oolithes ou être dû au dépôt du ciment, puisqu'il fait partie de ces milieux.

Minerais à deux constituants.

Beaucoup plus fréquents sont les minerais à deux constituants que l'on peut trouver dans les couches supérieures et aux niveaux inférieurs.

1°) *Minerais des couches superieures.* — Dans la plupart des cas, la couche rouge est constituée par des oolithes ferrugineuses englobées dans un ciment calcaire.

Les ovoïdes, essentiellement colloïdaux, renferment des couches concentriques de gœthite cristallisée et les organismes sont en partie remplacés par la gœthite. L'épigénie n'a pas affecté le carbonate des espaces interoolithiques, elle est donc essentiellement antérieure à la cristallisation de la gangue.

On observe rarement la substitution de la gœthite à la calcite du ciment, il s'agit alors, comme dans les conglomérats ferrugineux de Maron-Val-de-Fer, de fragments remaniés.

Quant à l'âge relatif des hydroxydes, il faut remarquer que la stilpnosidérite aussi bien que le gœthite se trouvent à la fois dans les oolithes et dans les organismes, aucun d'eux n'est antérieur ou postérieur à l'autre.

De même, la calcite, qui constitue la presque totalité de la gangue, forme parfois aussi le noyau des oolithes. Par conséquent, pendant toute la durée de son histoire, il se dépose dans la couche : la calcite et les hydroxydes.

2°) *Minerais des couches inférieures.* — On trouve dans les couches inférieures, et en particulier dans la couche verte, des minerais où l'hydroxyde de fer est pratiquement absent.

Ils sont caractérisés par l'abondance des silicates et de la sidérose. Accessoirement on y trouve la calcite et la pyrite.

Dans les exemples les plus caractéristiques, les oolithes phylliteuses sont cimentées par une gangue, elle aussi silicatée, où la sidérose constitue des agrégats ou des cristaux isolés. Le carbonate de fer épigénise parfois les organismes, mais on l'observe, presque toujours, autour des fragments de quartz, soit dans le ciment, soit dans les oolithes.

En résumé, on constate la présence du silicate et de la sidérose à la fois dans les oolithes et dans la gangue.

Minerai à trois constituants.

Considérons un troisième groupe où les produits ferrugineux, les silicates et les carbonates interviennent en quantités notables, en prenant comme exemple la couche grise. Dans cet horizon, avec la composition, la structure se complique.

Une gangue bien cristallisée englobe des oolithes constituées par un silicate cryptocristallin et les hydroxydes de fer. Autour d'elles, le silicate cristallise plus largement, formant souvent un agrégat radial.

Source : MNHN, Paris

Plus loin, se déposent les carbonates. Remarquons qu'il existe dans le ciment des portions uniquement carbonatées.

En résumé, le silicate et les gels ferrugineux se concentrent dans les oolithes où cristallise parfois la gœthite.

Dans la gangue prennent place le silicate et les carbonates, calcite ou sidérose.

Les organismes sont calcaires ou épigénisés soit par la gœthite soit par le silicate.

Si on veut imaginer l'ordre de dépôt des minéraux, cela n'a de sens que dans un domaine limité. Avec cette restriction, on voit en effet, une oolithe en contact avec le silicate, puis plus loin se localise le carbonate. Mais les oolithes utilisent souvent comme centre d'attraction soit des débris d'ovoïdes déjà faits, soit des fragments de ciment consolidé. Ainsi le carbonate d'une partie du minerai peut être antérieur au silicate d'une autre partie.

L'étude de la composition minéralogique, en particulier la répartition des constituants dans les types de minerai plus ou moins compliqués, montre *qu'il n'est pas possible d'assigner aux différents minéraux un âge déterminé*. En d'autres termes, *il n'existe pas dans l'histoire du dépôt de périodes calcaire, silicatée ou ferrugineuse*.

Cet aperçu fait en outre apparaître que des *minerais de composition simple se trouvent au sommet et à la base de la formation et que les couches intermédiaires sont plus compliquées*.

En regardant de plus près, on constate qu'au *niveau supérieur le fer se présente à l'état d'hydroxyde ferrique*.

A la base du dépôt l'hydroxyde a disparu. Le fer, à l'état ferreux, entre dans le réseau du silicate et du carbonate.

Dans les couches intermédiaires s'associent l'hydroxyde ferrique, les silicates et le carbonate ferreux.

Par conséquent, le fer accuse de haut en bas un état de réduction croissant.

Pour traduire en espèces minérales cette variation, on dira que les couches supérieures sont caractérisées par la paragénese hydroxyde de fer-calcite.

Les niveaux inférieurs, par l'association silicate-sidérose.

Dans les horizons intermédiaires coexistent, avec une importance comparable : l'hydroxyde de fer, calcite, silicate et sidérose.

Les courbes thermiques différentielles illustrent d'une manière très suggestive les caractères minéralogiques des trois niveaux.

Prenons par exemple les gites de Moulaine et d'Hayange.

A Moulaine (fig. 6) le diagramme de la couche rouge montre deux accidents majeurs ; celui de la gœthite et de la calcite.

La couche jaune, toujours riche en hydroxyde, est moins calcaire.

Dans les couches grise et noire, le crochet de la gœthite est suivi par les accidents de la sidérose et de la phyllite.

Dans la couche verte l'hydroxyde de fer cristallisé ne se manifeste que par une très faible inflexion, alors que l'accident caractérisant la sidérose et la « chlorite gonflante » est très largement développé.

Source : MNHN, Paris

De même, à Hayange la variation de composition est bien exprimée par le courbes thermiques (fig. t4).

Le crochet de la gœthite est plus important dans les couches rouge et grise que dans la brune. Il disparaît complètement dans la couche verte.

L'inflexion de la calcite est nettement plus grande dans la couche rouge que dans les autres.

Quant à la sidérose et au silicate, ils font défaut dans la couche rouge.

Deux crochets bien marqués leur reviennent dans les couches grise et brune et dans la couche verte ces accidents dominent.

B. — Les accidents magnétiques.

Jusqu'à présent, nous avons envisagé des minerais où le fer cristallise sous forme de gœthite, mais il existe, dans certains gisements, des zones parfois importantes où se développent les oxydes anhydres. Il s'agit de la magnétite, seule ou associée à l'hématite.

En général, ces accidents magnétiques se trouvent dans la couche grise là où le fer se rencontre, comme nous l'avons vu, à la fois à l'état ferreux et ferrique.

Minerai contenant de la magnétite sans hématite (Jarny, Hayange).

A Jarny le domaine presque exclusif de la magnétite est la gangue. Elle constitue des masses compactes et apparaît en cristaux isolés dans les parties phylliteuses ; parfois, un fragment de ciment, ainsi criblé de cristaux, sert de noyau aux oolithes qui sont formées par un silicate imprégné de produits ferrugineux.

Les oolithes, très déformées, présentent souvent des fissures radiales et des décollement de la zone corticale. Par ces brèches pénètrent la magnétite, la phyllite et la sidérose du ciment. L'ovoïde ressoudé conserve, assez bien, sa forme initiale.

La magnétite participe également à l'épigénie des organismes calcaires et ferrugineux.

Ajoutons que le fer se dépose aussi sous forme de gœthite dans le ciment, dans les oolithes et les organismes.

Nous avons donc, dans ce minerai, des oxydes de fer anhydre et hydraté.

A Hayange, on observe, en proportions égales, la magnétite dans les oolithes, dans la gangue, elle se trouve également dans les organismes.

Les ovoïdes sont constituées par la berthiérine que l'on retrouve dans le ciment, accompagnée par la sidérose.

Alors qu'à Jarny, la magnétite se développe en masses compactes, elle se présente à Hayange le plus souvent en cristaux isolés.

En examinant les parties carbonatées du ciment, on observe un

Source : MNHN, Paris

phénomène extrêmement rare. On assiste, en effet, à une véritable épigénie de la sidérose par la magnétite et la berthiérine. La forme des cristaux est bien conservée et l'on distingue des rhomboèdres transformés en oxydes ou silicates.

Minerais renfermant de la magnétite et de l'hématite.

L'association des deux oxydes est connue à Pienne et à Ottange.

A Pienne, la magnétite et l'hématite se concentrent surtout dans les oolithes. Elles sont silicatées ou formées par la gœthite. La gangue est carbonatée et chloriteuse.

Parmi les accidents magnétiques, celui d'Ottange est le seul où la gœthite bien cristallisée constitue la plupart des oolithes. Elle forme la zone corticale lardée de lamelles d'hématite ou de cristallites de magnétite.

La gangue, surtout chloriteuse, est le domaine de la magnétite ; ce n'est que dans les zones carbonatées que l'hématite devient abondante. Les deux oxydes sont étroitement liés et il n'est pas possible de préciser leur âge relatif.

Ce rappel détaillé concernant les accidents magnétiques se justifie par les conclusions importantes que l'on peut tirer de leur étude et auxquelles il sera possible de donner, par la suite, une portée plus générale. Ce sont les seuls minerais où les oxydes de fer se trouvent à l'état libre à la fois dans les oolithes et dans la gangue. Par conséquent, si l'on veut étudier les rapports de ces deux domaines, les accidents magnétiques retiendront, à juste titre, notre attention.

Tout d'abord, la question se pose de savoir s'il existe une règle qui détermine la répartition des oxydes.

Reprenons le cas de l'accident magnétique de Jarny où l'hydroxyde de fer accompagne la magnétite. A priori, on peut prévoir la répartition de ces deux minéraux.

Nous savons que les produits colloïdaux ou cryptocristallins se concentrent dans les oolithes alors que les minéraux largement cristallisés forment le ciment. Or, nous sommes en présence de la gœthite, minéral cryptocristallin et de la magnétite bien cristallisée.

La première doit se placer dans les ovoïdes, la seconde dans le ciment, c'est bien ce que confirme l'observation.

A Hayange, l'effet de réduction était suffisant pour transformer tout le gel ferrique en magnétite.

A Pienne, la répartition de la magnétite est en quelque sorte inverse de celle de Jarny, car elle cristallise surtout dans les oolithes.

Nous pouvons cependant recourir au même raisonnement, la contradiction n'étant qu'apparente. *En effet les oolithes sont encore plus oxydées que la gangue* où cristallisent des carbonates et des silicates ferreux. Dans ces conditions, la magnétite se conforme à la règle en se fixant dans les oolithes.

Cette règle se vérifie encore dans l'accident magnétique le plus compliqué, celui d'Ottange, où la gœthite s'associe à la magnétite et

Source : MNHN, Paris

à l'hématite. La plupart des oolithes son formées par la gœthite dans laquelle apparaissent des cristaux d'hématite. Parfois, l'hématite constitue, à elle seule, certains ovoïdes. Par contre, dans les espaces interoolithiques, elle est toujours accompagnée par la magnétite. *Done là encore les oolithes sont plus oxydées que le ciment.*

Le rapport qui existe entre le degré d'oxydation du fer et sa répartition dans les minerais magnétiques se retrouve-t-il en dehors de ces accidents ?

Considérons le degré d'oxydation relatif des oolithes et de la gangue dans les trois zones.

Dans la couche rouge, la gangue est calcaire et nous avons le fer ferrique uniquement dans les oolithes.

Dans les couches moyennes, s'associent le fer ferreux et le ferrique. Les oolithes silicatées sont plus ou moins imprégnées de gels d'hydroxydes et renferment aussi de la gœthite. Par contre, dans la gangue le fer n'existe qu'à l'état ferreux dans la sidérose et dans le silicate.

Quant aux niveaux inférieurs, ils sont pratiquement exempts de gels ferriques et la faible quantité que l'on en observe se concentre toujours dans les ovoïdes.

Par conséquent, quel que soit le niveau considéré, les oolithes présentent un degré d'oxydation plus élevé que le ciment.

Nous avons formulé quelques principes découlant de la composition des minerais de fer oolithiques.

Voyons à présent dans quelle mesure ils nous permettent de retracer l'histoire des différentes couches minéralisées.

Cette reconstitution nous amène à aborder des questions jusqu'à présent passées sous silence et à ajouter quelques précisions au schéma général.

C. — Histoire des couches minéralisées.

a) Minerai de la zone inférieure.

Considérons la couche verte comme le représentant typique de la zone inférieure. Elle est le plus ancien des niveaux minéralisés et avec elle s'ouvre l'histoire de toute la formation.

Nous aurons à envisager le rôle de matériaux de deux origines :

1) Eléments se trouvant dans l'eau de mer.
2) Eléments apportés du continent.

Eléments se trouvant dans l'eau de mer.

Lorsque débute le processus dont nous voulons retracer le déroulement, il se trouve dans le bassin de sédimentation des fossiles, corps solides, et des éléments chimiques dissous ou en suspension.

Source : MNHN, Paris

Apport continental.

L'apport continental comprend des minéraux clastiques, principalement le quartz, des corps en suspension Fe, Al, Si, et des éléments dissous Mg, Ca, Na, K.

Certains de ces matériaux seront incorporés tels quels sans subir de modifications minéralogiques ou chimiques pendant toute l'histoire du dépôt. C'est le cas de la plupart des minéraux clastiques, notamment du quartz et d'une partie des organismes.

Quel est le rôle de ces deux catégories d'éléments et dans quelle mesure nous renseignent-ils sur le processus de la sédimentation ?

Nous n'envisageons pas, pour le moment, l'influence que leur présence, en tant que masse inerte ou agent réducteur, exerce sur le milieu.

Le quartz détritique dans les minerais oolithiques.

Contrairement aux idées de certains auteurs, et notamment de L. Cayeux, nous considérons que la plus grande partie du quartz des minerais de fer oolithiques est d'origine détritique.

Le critère principal des minéraux formés in situ, *quels qu'ils soient*, carbonates, silicates, oxydes, etc. *est de remplir sans lacune les espaces disponibles entre les oolithes. Cette manière d'être, essentielle pour définir une gangue, n'est jamais réalisée par le quartz* qui possède la forme de fragments clastiques.

Il semble évident que le fragment de quartz qui constitue le noyau d'un ovoïde ne s'est pas formé *in situ* et n'est pas dû davantage à la silicification d'un carbonate.

D'autre part, toutes les fois qu'on rencontre du quartz à l'intérieur des ovoïdes, on en trouve également et, même en plus grand nombre, dans le ciment. De plus, non seulement cette présence simultanée est la règle, mais encore les particularités de ces fragments sont rigoureusement les mêmes dans les deux milieux.

Ainsi, dans certains minerais, où les débris de quartz sont en contact avec la gangue calcaire, nous les voyons également pris dans les oolithes, sans intervention d'une substance intermédiaire.

Dans d'autres, le quartz est englobé par une auréole de carbonate, elle-même entourée ou non par un liséré de chlorite. Ces enveloppes, doubles ou simples, accompagnent le quartz à l'intérieur des ovoïdes comme dans la gangue.

Dans les associations quartz-carbonate, le second englobe et recoupe le premier. Lorsqu'un grain est cloisonné, les différents compartiments s'éteignent simultanément entre nicols croisés, il s'agit donc d'un cristal unique. Quoiqu'il en soit, le rapport entre ces deux minéraux, auquel L. Cayeux et d'autres auteurs ont donné une signification génétique, n'est pas fortuit, le quartz étant d'une façon très générale englobé par la sidérose.

Or, si nous considérons que le quartz est d'origine détritique, comment pouvons-nous interpréter l'association étroite qui existe entre lui et le carbonate, à tel point que souvent toute la sidérose con-

Source : MNHN, Paris

tenue dans un minerai se cantonne autour des fragments de quartz ?

Revenons à la couche verte, où nous avons vu le quartz serti dans la gangue et comme noyau des oolithes. Dans les deux cas, il est entouré par la sidérose. Le contact direct entre le fragment clastique et son enveloppe de carbonate autochtone montre que la sidérose a dû précipiler très tôt et se déposer immédiatement autour du quartz. Ce dépôt *pré-oolithique* doit être relativement long car le quartz est non seulement englobé par le carbonate, mais aussi corrodé par lui.

Il convient de ranger dans la période pré-oolithique un autre phénomène qui est l'épigénie des organismes par le silicate. Ceux d'entre eux qui forment le noyau des oolithes ont dû subir le remplacement avant la formation de la zone corticale. Mais si nous avons la preuve que pour ceux-là le remplacement est antérieur à la formation des oolithes, rien ne prouve que pour les autres les phénomènes d'épigénie soient achevés en même temps.

La même restriction s'impose pour la sidérose. On peut montrer que ce minéral, qui commence à cristalliser le premier, continue à se déposer jusqu'à la fin de la sédimentation.

Nous ne voyons pas bien les rapports génétiques entre les oolithes et la gangue, ils apparaîtront mieux dans les niveaux supérieurs.

Les ovoïdes sont essentiellement silicatés tandis que dans la gangue la sidérose et accessoirement la calcite accompagnent la phyllite.

C'est la manière d'être du carbonate de fer dans la couche verte, qui donne lieu à des observations très instructives. Nous avons vu, plus haut, que ce minéral forme tantôt des agrégats, tantôt des cristaux automorphes dans la gangue et que, très souvent, elle prend aussi la place du silicate entièrement ou partiellement dans les ovoïdes. L'idée de certains auteurs de l'épigénie des oolithes carbonatées par des silicates, puis par des oxydes, est probablement suggérée par ces ovoïdes mixtes. Or, il nous paraît incontestable qu'il s'agit, au contraire, d'une invasion d'oolithes silicatées par le carbonate. Cette intrusion se manifeste sous plusieurs aspects.

1°. — Il existe, très souvent, une continuité entre les portions carbonatées du ciment et des oolithes envahies par lui.

2°. — On voit dans la gangue phyllileuse des oolithes à contours parfaits, formées par le silicate et la sidérose. La partie silicatée montre la structure oolithique habituelle, mais les couches concentriques s'incurvent au voisinage du carbonate intrus, de sorte que la structure initiale de l'ovoïde est perturbée.

3°. — L'atteinte à la structure concentrique est bien illustrée par les ovoïdes envahis non seulement par une masse compacte de sidérose, mais aussi par des cristaux isolés. Ils rappellent l'image d'un tronc d'arbre dans lequel on aurait enfoncé des coins d'acier.

Un cas particulier d'invasion est celui où le cristal de sidérose est à cheval sur l'oolithe et le ciment. Incontestablement, la sidérose qui commet ces infractions s'est déposée pendant ou après la croissance

Source : MNHN, Paris

de l'oolithe, en tous cas, dans un stade où le dépôt n'était pas loin de sa consistance définitive.

Il est cependant probable que la sidérose s'est mise en place avant les déformations dont l'action se manifeste généralement dans la couche verte. En effet, si les oolithes de ce niveau sont en grande majorité laminées au point de devenir presque méconnaissables, celles d'entre elles qui ont subi l'envahissement par le carbonate conservent intacte leur forme extérieure. Elles ont résisté aux actions mécaniques grâce au carbonate qui a joué le rôle du ciment injecté dans une masse à consolider.

Par conséquent, l'étude de la couche verte montre l'impossibilité de distinguer des phases successives carbonatées et silicatées. Nous venons de voir, en effet, que si la *cristallisation de la sidérose débute dans une phase préoolithique, elle ne s'achève qu'à la fin de l'histoire de la couche, alors même que la structure oolithique est achevée ou en voie d'achèvement.*

Il se dégage de ces considérations une notion importante dont il faut tenir compte dans l'étude des dépôts sédimentaires. Les minéraux qui constituent ces formations se livrent un combat pour la conquête de l'espace.

Le même phénomène est connu dans la pétrographie des roches éruptives et métamorphiques. Rappelons la série de Beeke où les minéraux sont rangés suivant leur force de cristallisation. C'est cette force qui permet, par exemple, aux porphyroblastes de croître avec leurs formes propres dans un milieu dont ils doivent vaincre la résistance.

Comme dans les roches ignées et métamorphiques, dans les formations sédimentaires un minéral peut-être plus récent, ou contemporain d'un autre qui l'englobe, à condition qu'il soit doué d'une force de cristallisation supérieure.

De tous les horizons minéralisés, la couche verte est celui qui renferme la pyrite et la marcasite dans les proportions les plus notables. Ces sulfures se trouvent en cristaux isolés ou en agrégats dans la gangue et ils participent, parfois, à l'épigénie des organismes. Grâce à leur force de cristallisation ils pénètrent dans les oolithes silicatées, comme le fait la sidérose.

Comment les minéraux constituant la couche verte ont-ils pu prendre naissance ?

La richesse relative en sulfures et l'absence d'oxydes de fer montrent que le milieu générateur était pauvre en oxygène. Le fond du bassin, lieu de dépôt de la couche verte, réalise à l'optimum cette condition.

Le fer, qui arrive du continent à l'état de gel ferrique, est en presque totalité réduit à l'état ferreux, et, sous cette forme, ne peut pas constituer un oxyde libre.

Par conséquent, dans ce milieu réducteur, pour subsister, le fer a besoin d'éléments avec lesquels il puisse entrer en combinaison. Par exemple avec l'hydrogène sulfuré, provenant de la décomposition des organismes, il donne naissance aux sulfures, et avec le CO^2 dissous

Source : MNHN, Paris

dans l'eau de mer, il se précipite sous forme de sidérose. Enfin, avec l'alumine et la silice d'origine continentale, et avec la magnésie amenée en partie par les cours d'eau et provenant en partie des sels de l'eau de mer, le fer forme des silicates.

b) Minerais de la zone moyenne.

Dans les couches de la zone moyenne, de composition plus complexe que les niveaux inférieurs, les témoins susceptibles de relater les événements passés sont nombreux. L'étude de ces horizons ajoute aux résultats déjà acquis des renseignements d'un grand intérêt.

Nous voyons entrer en jeu toutes les espèces minérales connues dans les dépôts de fer oolithiques, en même temps que les rôles particuliers des produits colloïdaux et des minéraux cristallisés se précisent.

Le problème de l'évolution de ces minerais peut être posé avec des chances accrues de succès, à partir du moment où le fer, l'élément essentiel, apparaît non seulement combiné dans les carbonates et les silicates, mais aussi sous forme d'oxydes indépendants.

Ces remarques préliminaires annoncent un changement fondamental des données par rapport à la couche verte.

Est-il possible de mettre en évidence, à nouveau, des phénomènes précédant la formation des oolithes ou du moins commençant avant celle-ci, et tout d'abord, quels sont les éléments en présence, au stade initial du niveau ?

La phase préoolithique rappelle le début de la couche verte. Nous retrouvons des organismes qui ont perdu leur nature calcaire et le quartz englobé dans la sidérose. Cependant, la calcite et la sidérose précipitent en quantités à peu près égales dans ce niveau. Dans ces conditions, pourquoi le quartz se trouve-t-il toujours englobé dans le carbonate de fer ?

La cristallisation de la sidérose débute avant le dépôt de la calcite pour la raison suivante. Pour prendre une forme stable, le fer réduit à l'état ferreux, se combine rapidement au CO^2 de l'eau de mer pour donner la sidérose, d'ailleurs moins soluble que la calcite.

Remarquons que les fragments de quartz englobés par le carbonate ont parfois, dans ces minerais, des formes cristallographiques, notamment dans les couches brunes et noires. En admettant leur origine détritique, on peut imaginer qu'ils arrivent du continent avec ces formes régulières, ils pourraient alors provenir de roches ayant une structure granulitique, après un transport limité.

Une autre explication paraît plus logique ; comme nous l'avons déjà vu, les fragments de quartz ont parfois subi une corrosion très nette, or celle-ci est certainement en rapport avec la structure cristallographique du minéral. Rappelons à ce propos que dans les roches volcaniques par exemple, le quartz est souvent corrodé suivant certaines faces cristallographiques. Quoiqu'il en soit, ces cas sont relativement rares, et d'une façon générale, les fragments de quartz pré-

Source : MNHN, Paris

sentent, dans les couches moyennes comme dans les autres niveaux, la forme de débris clastiques.

Une remarque s'impose, le quartz clastique fait défaut dans tous les accidents magnétiques de la couche grise. Il y a lieu de se demander si celà est dû à une variation dans l'apport continental ou si dans les conditions physico-chimiques, qui ont régné lors du dépôt du minerai magnétique, le quartz a subi une corrosion si intense qu'il a été entièrement dissous.

Quant aux organismes, tous les oxydes, hydroxydes de fer et silicates participent à leur épigénie, mais c'est principalement la gœthite et la stilpnosidérite qui assument ce rôle. Les tissus épigénisés par le silicate sont fréquents, et dans les accidents magnétiques, la magnétite et l'hématite peuvent remplacer les organismes calcaires. Comme les fossiles forment souvent le noyau des ovoïdes, nous pouvons en déduire que l'épisode préoolithique est plus complexe que dans la couche verte. Il est caractérisé par le dépôt de tous les minéraux autochtones. En généralisant cette constatation, il semble bien que la substitution précède la concentration, mécanisme fondamental de la formation des oolithes.

Revenons aux organismes épigénisés par les hydroxydes et les oxydes de fer. La substitution s'effectue aussi bien par l'hydroxyde colloïdal que par la gœthite ou par les oxydes anhydres. Dans ces conditions, il est impossible de distinguer des étapes colloïdale et cristalline au cours de la substitution. De même, ces minéraux représentent la forme oxydée et l'état réduit du fer.

Par conséquent, l'étude des organismes montre que l'on ne peut pas distinguer, dans la phase préoolitbique, des étapes où le fer serait d'abord oxydé puis réduit.

En résumé, déjà la phase préoolithique de la zone moyenne montre qu'il n'est pas possible d'envisager une évolution dans le temps mais plutôt une complexité des phénoménes dans toute l'étendue du bassin.

La conception de l'antériorité des oolithes par rapport à la gangue repose sur l'idée que des éléments épars, présentant entre eux une certaine analogie, sont plus anciens que la masse continue qui les englobe. Cette manière de voir se justifie pour des sédiments où l'on distingue, sans erreur possible, des fragments clastiques et un ciment déposé sur place, par exemple un grès à ciment calcaire.

Il est impossible d'appliquer aux minerais de fer oolithiques le même raisonnement. Les ovoïdes n'accusent jamais une usure qui témoignerait d'un transport éventuel. Les seules modifications observées de leur forme initiale sont des déformations, des ruptures ou des corrosions sur lesquelles nous reviendrons plus loin.

En outre, il se dégage de la composition minéralogique des régles communes aux ovoïdes et aux espaces interoolithiques ; elles montrent que les uns et les autres se sont élaborés dans une étroite interindépendance.

Nous avons dit plus haut, à propos des minerais de la zone moyen-

Source : MNHN, Paris

ne, l'impossibilité d'établir une succession de phases ayant chacune sa fonction propre et se relayant pour aboutir au résultat définitif qui est le dépôt tel que nous le voyons. Il en découle que les oolithes et la gangue se sont formées simultanément. Il est apparu également, après de nombreuses observations, que :

1°) Le fer est plus oxydé dans les oolithes que dans la gangue.

2°) Que la gangue est mieux cristallisée que les oolithes.

Pouvons nous donner une explication rationnelle à cette constatation empirique ?

Les oolithes sont des entités isolées, caractérisées par une structure concentrique. Chacune d'elles résulte d'un transport de substance vers un centre d'attraction.

Il peut exister dans le milieu générateur des ions qui, obéissant aux forces de liaison, se combinent en un édifice cristallin, tandis que d'autres restent à l'état colloïdal. Les seconds sont plus facilement entraînés dans le mouvement de convection que les premiers qui se figent sous l'action des forces de cristallisation beaucoup plus considérables.

L'accident magnétique de Jarny, où les oolithes et la plus grande partie du ciment sont ferrugineux, offre, à ce propos, un exemple très frappant.

Dans ce cas particulier, nous avons des ovoïdes, formés par la stilpnosidérite et la gœthite, pris dans une gangue où prédomine la magnétite. Ces minéraux peuvent être considérés comme procédant du gel d'hydroxyde ferrique. Par simple évolution, vieillissement, celui-ci peut donner la gœthite, par contre, dans le ciment, grâce à un processus de réduction, cristallise la magnétite.

Comment se fait-il que la réduction ait transformé le gel de la gangue et épargné celui des oolithes ?

Nous avons admis que le fer arrive dans le bassin à l'état de gel ferrique. Or, nous avons dans le minerai la gœthite et la magnétite. Par conséquent l'effet réducteur du milieu devait être insuffisant pour ramener la totalité du fer à l'état ferreux. Une partie subsiste à l'état ferrique donnant la gœthite, le reste passe à l'état ferreux et forme la magnétite. Au fur et à mesure que la réduction fait son œuvre, aboutissant à la cristallisation de la magnétite, les gels non encore affectés continuent à s'agglutiner sous forme d'oolithes.

Si à Jarny, la magnétite se dépose en masse compacte dans la gangue, il n'en est pas toujours ainsi ; en effet, à Hayange, elle apparaît, comme nous l'avons vu, en cristaux isolés dans les ovoïdes et dans les espaces interoolithiques. On peut même observer des cristaux qui sont à cheval sur l'ovoïde et la gangue.

Comme la sidérose, le cristal de magnétite, en croissant peut vaincre la résistance du milieu englobant et s'imposer dans la masse silicatée contemporaine ou plus ancienne que lui. Rappelons, à ce propos, que dans les minerais primaires de l'Anjou, la magnétite parvient non seulement à remplacer et à effacer l'oolithe, mais encore à pénétrer

Source : MNHN, Paris

dans les grains de quartz pré-existants. Ces exemples prouvent qu'il n'est pas possible de voir, dans l'ensemble des minerais magnétiques, un stade de dépôt de la gœthite et un stade durant lequel cristallise la magnétite.

Considérons à présent le cas plus général d'un minerai non magnétique où la gœthite et la stilpnosidérite sont les seuls oxydes.

Nous avons en présence des minéraux phylliteux, des hydroxydes et des carbonates. Lesquels de ces constituants montrent le plus d'aptitude à réaliser la concentration génératrice des oolithes ?

En ce qui concerne les carbonates, les plus largement cristallisés de ces constituants, ils resteront certainement dans la gangue. Le silicate, en grande partie cryptocristallin, possède assez de mobilité pour être entraîné dans le mouvement vers les noyaux. Quant à la partie réduite du fer, elle se combine soit avec Si et Al pour donner la phyllite, soit avec CO^2 pour précipiter sous forme de sidérose. Il reste cependant une certaine quantité de fer ferrique à l'état amorphe. Ce gel se concentre dans les oolithes, seul ou adsorbé par la phyllite. En effet, les oolithes des couches moyennes sont à la fois silicatées et ferrugineuses.

Nous reviendrons tout à l'heure sur l'ensemble noyau-zone corticale.

Il est acquis, dès maintenant, qu'un silicate à peine cristallisé et le gel ferrique en partie transformé en gœthite, constituent l'enveloppe. A partir de la zone corticale, en s'éloignant de l'ovoïde, les constituants de la gangue montrent une certaine succession régulière. On rencontre d'abord, à nouveau, le silicate mais généralement mieux cristallisé et sans pigment ferrugineux. A la phyllite succède la calcite, puis la sidérose.

Bien entendu, il ne s'agit pas d'un ordre sans exception. La sidérose, en particulier, n'est toujours pas séparée de la phyllite par la calcite et celle-ci n'englobe pas nécessairement les agrégats de sidérose. Mais, dans le cas le plus complexe et très souvent réalisé, on retrouve la même disposition. Partant de l'enveloppe amorphe ou cryptocristalline on traverse successivement, dans la gangue : la phyllite, la calcite puis la sidérose, minéraux de plus en plus largement cristallisés.

L'existence d'une telle continuité entre les oolithes et le ciment est un argument de plus en faveur de l'origine commune de ces deux milieux.

Des observations d'un ordre différent viendront, plus loin, appuyer l'idée que *les gites de fer oolithiques sont le résultat d'une sorte de différenciation. A partir d'une même masse s'effectuent deux processus concomitants ; concentration d'éléments doués d'une certaine mobilité autour des centres d'attraction dispersés dans le milieu et, dans les espaces interoolithiques, dépôt simultané d'une charpente largement cristallisée.*

Dans la plupart des cas, l'aspect que présente, sous le microcope, un minerai de fer oolithique est dominé par deux traits contradictoires.

Source : MNHN, Paris

Les ovoïdes donnent l'impression de corps plastiques tandis que le ciment apparaît comme un milieu rigide. Dans les oolithes, nous voyons figée l'image du mouvement de convection par lequel le ciment semble tout d'abord n'être pas affecté. Mais nous venons de constater qu'un examen plus attentif révèle, là encore, une disposition concentrique.

Nous avons accumulé, jusqu'à présent, des observations qui montrent que les différents éléments du dépôt procèdent d'un même milieu. Les événements, dont nous voyons devant nous les résultats, ne se succèdent pas dans le temps dans un ordre progressif. Si certains épisodes semblent s'être déclanchés antérieurement à d'autres, ceux-ci sont en jeu avant que les premiers soient achevés.

Essayons de dégager de l'étude de la zone moyenne quelques précisions, en considérant, à nouveau, l'ensemble que forme le noyau des oolithes et leur zone corticale.

Lorsqu'on regarde un ovoïde avec un faible grossissement, il apparaît d'abord comme un corps homogène, en général beaucoup plus ferrugineux que la gangue silicatée ou carbonatée. En utilisant un objectif plus fort, on constate que dans la plupart des cas l'enveloppe enferme un organisme épigénisé par l'hydroxyde de fer. Nous avons donc dans l'oolithe l'association étroite d'un tissu originellement calcaire ou phosphaté et d'une masse silicatée. Or, les deux ont été profondément modifiés par l'intervention du fer et il est certain que cette association de deux corps aussi différents et ayant subi une influence analogue exprime le résultat d'un mécanisme unique.

Nous avons parlé d'une phase pré-oolithique qui comporte l'épigénie des organismes, antérieur à la formation des oolithes. Des fossiles, primitivement calcaires ou phosphatés, sont remplacés par la stilpnosidérite ou la gœthite. Les organismes silicatés sont moins nombreux et il est rare d'en trouver comme noyau des oolithes.

La préférence qu'accordent ces tissus aux produits ferrugineux a d'abord une raison chimique, l'épigénie des calcaires, comme nous l'avons déjà rappelé, est un phénomène très répandu dans la nature. Dans les dépôts oolithiques, cette préférence s'explique encore d'une façon plus particulière.

Nous pensons que tous les constituants formés *in situ*, qu'ils se déposent par combinaisons des éléments en présence ou par substitution à des minéraux pré-existants, appartiennent à une même époque. Parmi les éléments qui entrent en ligne de compte, le fer est le seul capable de donner naissance à un composé stable à lui seul. Par conséquent, tandis que les autres éléments cherchent à se combiner pour arriver à un équilibre, les gels ferriques se dérobent à l'effort commun. Ils se substituent sans modification chimique au calcaire et au phosphate ou s'agglutinent pour former la zone corticale des oolithes.

On peut imaginer que le fer, qui s'achemine vers les organismes, noyau de la future oolithe, se charge d'abord du remplacement du corps calcaire. Une fois cette tâche achevée, le mouvement vers le noyau continue et le gel ferrique se dépose en même temps que le silicate de la zone corticale.

Source : MNHN, Paris

Nous aurons, lors de l'étude de la couche supérieure, l'occasion de revenir sur le mécanisme de la formation de l'oolithe.

Dans l'histoire des oolithes d'une telle structure et d'une telle composition, nous pouvons distinguer une phase de substitution puis une phase de concentration. Quoique ces ovoïdes soient de beaucoup les plus nombreux, ils résultent de conditions particulières ; ce sont les autres, c'est-à-dire la minorité, qui nous donneront une idée plus exacte du mécanisme de la concentration oolithique en général.

En effet, les oolithes se développent fréquemment autour des fragments clastiques qui n'ont pas subi de modification durant la croissance de l'enveloppe ; d'autres ont pour noyaux des débris de fossiles ayant échappé au remplacement par l'hydroxyde de fer ou par le silicate. Par conséquent, la formation de l'enveloppe n'est pas nécessairement la prolongation de l'épigénie du noyau. Les facteurs strictement indispensables sont : un fragment dont le rôle est uniquement d'ordre mécanique et des particules prises dans un mouvement convergeant vers lui.

Prenons le cas des oolithes développées autour d'un fragment de quartz, de tourmaline ou de zircon. La formation de ces oolithes comporte une seule étape accessible à l'observation, le dépôt de la zone corticale. Pendant qu'elles se forment, la gangue cristallise et peut se fragmenter. Des débris du ciment servent souvent de centre d'attraction à d'autres oolithes. La partie phyllitense des espaces interoolithiques, peu résistante, fournit un plus grand nombre de noyaux que les masses carbonatées. Nous avons affaire au mécanisme le plus simple. L'ovoïde se bâtit autour d'un noyau inerte au même titre qu'un fragment de quartz. Zone corticale et noyau se forment « sous nos yeux » et nous sommes mieux renseignés que dans le cas où il fallait tenir compte d'éléments étrangers au milieu générateur.

Rappelons que la formation simultanée des oolithes et de la gangue est un des principaux arguments à opposer aux théories qui distinguent la période oolithique et la période de consolidation du ciment.

Considérons à nouveau, au point de vue génétique, les accidents magnétiques qui font, pour la plupart, partie de la zone moyenne. Quelles sont les conditions de dépôt de la magnétite ? Il est essentiel que Fe^{++} et Fe^{+++} soient disponibles et puissent se combiner sous forme d'oxydes libres.

On sait que Fe^2O^3 possède la faculté de subsister comme minéral indépendant. Or, le fer, que nous supposons arriver à l'état ferrique, est en partie réduit à l'état de Fe^{++} dans la zone moyenne. Par conséquent, Fe^{+++} et Fe^{++} sont disponibles pour former la magnétite mais il existe des facteurs qui s'opposent à cette combinaison. Les conditions mécaniques du milieu font que le fer ferrique, très peu soluble, est entraîné dans le mouvement concentrique, générateur des oolithes. Les ions ferriques restés à l'état gel fuient pour ainsi dire les ions ferreux. Ceux-ci restent en solution et peuvent précipiter à l'état de carbonate ou de silicate. Tel est le cas général.

La formation de la magnétite postule des conditions spéciales, en particulier un certain rapport Fe^{++}/Fe^{+++}.

Source : MNHN, Paris

Toute cause facilitant la combinaison du fer avec les autres éléments est un obstacle à la cristallisation de la magnétite. Or, de nombreuses observations montrent que la sidérose abonde dans les dépôts riches en éléments clastiques qui augmentent le pouvoir réducteur du milieu. Par conséquent, la présence du quartz semble être une entrave à la genèse de la magnétite.

En généralisant, s'il y a suffisamment de Si, Al, Mg, CO^2 pour lier tout le fer ferreux, il se forme des phyllites et de la sidérose, tandis que le fer non réduit se dépose comme stilpnosidérite ou goethite. Tel est le bilan général de la couche grise. Par contre, s'il existe un excés de fer par rapport aux cations, tout le fer ferreux ne sera pas utilisé dans ces combinaisons et il pourra se former de la magnétite.

La composition minéralogique des accidents magnétiques n'est pas toujours la même et nous aurons plusieurs cas à envisager.

1°) *Il existe un excès de fer et un effet réducteur relativement faible.*

Si le fer ferrique est beaucoup plus abondant que le fer ferreux disponible, il se forme beaucoup de goethite et de stilpnosidérite et peu de magnétite. Les hydroxydes plus mobiles s'agglomèrent dans les oolithes, par contre la magnétite reste dans la gangue, c'est le cas du minerai de Jarny.

2°) *Admettons les mêmes proportions relatives des éléments chimiques mais un effet réducteur plus considérable.*

Dans le cas précédent, l'hydroxyde de fer est l'élément le plus mobile et constitue les oolithes, mais ici il n'en reste que peu.

La quantité de Fe^{++} en excès par rapport à la silice et au gaz carbonique étant trés grande, il se forme davantage de magnétite.

Celle-ci, plus oxydée que le silicate et la sidérose, converge vers les oolithes, tandis que les deux autres restent dans la gangue.

Ces conditions paraissent réalisées dans l'accident magnétique de Pienne.

3°) Ayant ainsi esquissé les conditions nécessaires pour que la magnétite se localise soit dans la gangue, soit dans les oolithes, il suffit d'admettre un effet réducteur intermédiaire pour expliquer la genèse d'un minerai où l'oxyde ferrique se répartit dans les oolithes et dans la gangue, c'est le cas du minerai d'Hayange.

Par conséquent, les minerais magnétiques sont susceptibles de se former lorsqu'il existe une certaine proportion entre la quantité de fer et les autres éléments et un effet réducteur adéquat.

Comme le quartz, d'aprés de nombreuses observations, facilite le dépôt de la sidérose et que celle-ci accapare une partie du fer ferreux un milieu où il fait défaut est plus favorable à la formation de la magnétite qu'un milieu quartzeux.

Parmi tous les minerais étudiés, c'est uniquement dans les accidents magnétiques que nous avons observé l'hématite. Pour expliquer l'association des deux oxydes anhydres, voyons comment s'opére la réduction du fer et comment Fe^{++} entre en réaction avec Fe^{+++}.

Source : MNHN, Paris

Le départ de l'oxygène est dû, nous l'avons vu, essentiellement à la décomposition des organismes qui créait un milieu réducteur. Elle est accompagnée par le passage du gel d'hydroxyde à l'oxyde anhydre :

$$2\ Fe\ O\ (OH) - O = 2\ FeO + H^2O.$$

Le fer ferreux instable entre en combinaison avec la silice, l'alumine et la magnésie et avec CO^2. Dans la couche verte, la totalité du fer est soumise à ces réactions et nous avons la formation de phyllite et de sidérose.

Dans la couche grise, où il reste du fer non réduit, la goethite s'ajoute à ces minéraux.

En ce qui concerne les accidents magnétiques, nous avons vu que la magnétite est, dans certains cas, le seul oxyde anhydre tandis que dans d'autres l'hématite l'accompagne. La présence ou l'absence de ce minéral dépend du degré de la réduction, nous pouvons en effet envisager deux cas :

1°) $2\ FeO\ (OH) + FeO \rightarrow Fe^3O^4 + H^2O.$

Cette équation montre la formation de la magnétite.

2°) $4\ FeO\ (OH) + FeO \rightarrow Fe^2O^3 + Fe^3O^4 + H^2O$

schéma de la cristallisation de la magnétite et de l'hématite.

Par conséquent, dans un milieu où l'effet réducteur est intense, la magnétite seule se dépose ; tandis que un effet réducteur plus faible permet à la fois le dépôt de la magnétite et de l'hématite.

Comment se fait-il que nous n'ayions jamais l'hématite sans la magnétite ?

Dans le minerai lorrain, l'hématite se forme par déshydratation de l'hydroxyde. Le départ d'eau dans le milieu aqueux est provoqué par une réaction chimique entre le gel FeO (OH) et sa forme réduite FeO. Or, comme nous l'avons vu, si la magnétite se forme seule, l'hématite ne peut cristalliser qu'accompagnée par la magnétite.

c) Minerais de la zone supérieure.

Nous avons rappelé, au début de ce chapitre, que les niveaux inférieurs et moyens procèdent des mêmes éléments et qu'ils doivent leurs compositions respectives à des variations quantitatives dans l'apport et aux conditions physicochimiques propres à ces deux niveaux.

Dans la couche rouge, nous retrouvons encore les mêmes éléments mais avec un changement quantitatif tel que la physionomie du dépôt se trouve complétement modifiée. En particulier, l'apport en silice alumine et magnésie subit une diminution considérable. La calcite et les hydroxydes de fer prédominent, par contre, le rôle de la sidérose et des silicates est devenu tout-à-fait accessoire. Le fer ferreux disparaît totalement des oolithes, il est en forte régression dans la gangue. Si les ovoïdes avaient été formés en dehors de l'emplacement du dépôt, comme certains l'ont pensé, ce changement, qui les affecte en même temps que le ciment, serait difficile à expliquer.

Source : MNHN, Paris

Nous devons donc, pour les couches supérieures, comme pour les autres, partir du principe du milieu unique pour retracer leur évolution. S'il se dépose encore dans la couche jaune, pendant la période pré-oolithique, de la sidérose autour des fragments de quartz, ce phénomène est rare dans la couche rouge. La substitution de l'hydroxyde de fer à la calcite des organismes est l'activité essentielle durant cette période.

Le processus oolithique proprement dit, c'est-à-dire la formation des ovoïdes et le dépôt de la gangue, sera encore considéré en fonction du fer, dont la presque totalité reste à l'état ferrique.

La partie réduite se combine exceptionnellement au CO^2, assez souvent mais en faible quantité, à Si, Al et Mg.

Remarques. — Pour que ces éléments puissent se combiner en totalité, il est nécessaire qu'ils soient présents dans des proportions déterminées. Il n'y a aucune raison que cette condition soit réalisée.

L'excès de FeO devrait entraîner la formation de magnétite. Nous ne connaissons qu'un accident magnétique dans cette zone, il est situé dans la couche jaune. Par conséquent, c'est l'excès en silice et peut-être aussi en alumine, qui est plutôt la règle. Or, nous ne voyons pas de silicates non ferreux ou d'autres minéraux alumineux et magnésiens et restons d'abord dans l'ignorance en ce qui concerne ces éléments en excès. Nous verrons plus loin ce qu'ils deviennent.

Quelle est la marche des événements qui aboutiront à la formation de la couche rouge, masse constituée par la calcite, les hydroxydes de fer et accessoirement par le silicate ?

Les gels ferriques disponibles en grande quantité représentent les éléments les plus mobiles, ils formeront l'enveloppe des oolithes, par l'un ou l'autre des mécanismes envisagés dans la zone moyenne.

Le premier est un simple phénomène de concentration autour d'un noyau ne subissant aucun changement : fragment clastique ou débris de ciment déjà consolidé. Dans ce cas, noyau et enveloppe sont très différents.

Le second débute par l'épigénie d'un organisme calcaire ou phosphaté. Le dépôt de l'enveloppe n'est que la prolongation du phénomène de remplacement, et il existe une analogie minéralogique entre le noyau et la zone corticale.

Remarquons que les oolithes ne sont pas uniquement ferrugineuses, et en les attaquant par HCl on dégage un squelette de silice. La silice en excès, qui ne participe pas à la formation du silicate, possède une mobilité comparable à celle du gel ferrique, elle est entraînée par lui dans son mouvement, d'autant plus qu'elle est chargée de signe opposé.

En même temps que se forment les oolithes, cristallise l'agrégat calcaire souvent très pur, mais nombreux sont les cas où la phyllite et l'hydroxyde de fer accompagnent la calcite, quoique celle-ci prédomine toujours dans la gangue.

Lorsque le silicate a pu se former, il se concentre toujours autour

Source : MNHN, Paris

des ovoïdes. Sa cristallinité, plus avancée que celle des oolithes mais très rudimentaire par rapport à la gangue calcaire, lui désigne cette place.

Parfois la stilpnosidérite et la goethite se déposent dans le ciment pour plusieurs raisons. Lorsqu'il existe du silicate dans les espaces interoolithiques, il adsorbe une partie du gel ferrique. Presque toujours les phyllites de la zone supérieure sont imprégnées d'un pigment ferrugineux, et il faut une lumière fortement condensée pour distinguer le support silicaté.

On observe souvent, dans le ciment, des portions extrêmement riches en fer, englobant de minuscules débris de quartz ou des paillettes de mica. Cette association, un peu surprenante, s'explique encore assez aisément. Le gel de fer, qui se sépare généralement de la masse calcaire pour s'agglutiner dans les oolithes, est arrêté par ces obstacles et reste fixé dans les espaces interoolithiques.

Dans les zones inférieure et moyenne, le rôle des éléments amenés par les cours d'eau est plus important que celui des corps fournis par la mer. Par contre, dans la zone supérieure calcaire, où le silicate est absent ou très accessoire, la participation du milieu marin égale l'apport continental ou le dépasse même. Aux faibles profondeurs, où se dépose la couche rouge, deux facteurs provoquent des conditions très différentes des niveaux inférieurs.

1°) Près de la surface dans les eaux bien aérées, riches en oxygène, la réduction est presque nulle et le fer reste à l'état ferrique.

2°) CO^2 étant moins soluble dans les couches d'eau superficielles, la calcite précipite en abondance.

En résumé, l'histoire d'une couche rouge typique calcaire et ferrugineuse est beaucoup plus simple que celle des couches inférieures. Elle ne comporte que peu de modifications chimiques, le phénomène essentiel étant soit la concentration, soit la cristallisation.

Remarque sur l'origine et la répartition de la calcite dans les trois zones.

La formation de la calcite dans les sédiments marins n'est pas un phénomène se produisant de la même manière dans toutes les circonstances. Elle peut être dûe :

1°) A la simple accumulation de fossiles au fond de la mer.

2°) A la remise en mouvement du calcaire des organismes.

3°) A une cristallisation à partir de l'eau saturée en CO^3Ca.

Le premier de ces mécanismes ne nous intéresse pas directement lorsque nous cherchons à reconstituer l'histoire du dépôt, quoiqu'il contribue, dans une large mesure, à la constitution des minerais de fer oolithiques.

Le deuxième intervient certainement dans ces couches riches en organismes dont l'épigénie implique une dissolution suivie du rem-

Source : MNHN, Paris

placement. Il est fonction de l'action dissolvante du CO^2, plus abondant au fond que dans les couches supérieures, alors que la quantité de calcite diminue de haut en bas. Remarquons que le gaz carbonique est monopolisé par la sidérose dans la zone inférieure.

Le troisième mode de formation joue un rôle très important dans les roches calcaires en général. Il explique en partie l'enrichissement en calcite des minerais de fer de bas en haut, quoique un autre facteur intervienne dans ce sens, comme nous le verrons plus loin.

Dans la zone inférieure riche en CO^2, il se forme de la sidérose, une partie du gaz carbonique est ainsi utilisée. Mais il en reste en solution qui dissout les fossiles calcaires, suivant la réaction classique :

$$CO^3Ca + CO^2 + H^2O = (CO^3H)^2\,Ca.$$

Il se forme du bicarbonate de calcium facilement dissociable en redonnant de la calcite. Probablement la reprécipitation n'est que partielle lorsque le milieu atteint la consistance qui entraîne la concentration oolithique et la cristallisation de la gangue. Par conséquent, une partie du bicarbonate reste en solution.

La nappe d'eau, au-dessus du niveau inférieur déjà consolidé, renferme de la calcite potentielle qui se déposera par la suite. Nous avons là, peut-être, une explication des couches brune et noire très calcaires, qui représentent une anomalie dans la structure minéralogique du dépôt.

Dans la zone moyenne, la sidérose prédomine encore mais la calcite gagne du terrain. La quantité de Fe^{++} étant moindre, il reste davantage de CO^2 disponible, et la remise en mouvement du calcaire des organismes se fait aisément.

Dans la zone supérieure, plus pauvre en CO^2, les organismes deviennent moins solubles, mais la saturation de l'eau atteint son maximum. Du reste, il n'arrive que du fer du continent et la calcite doit remplir seule, ou presque, les espaces interoolithiques.

En résumé, dans la zone supérieure, pauvre en CO^2, le remaniement chimique des tissus calcaires est faible, mais la calcite dissoute dépasse la saturation et peut cristalliser.

Dans la zone inférieure, les eaux riches en gaz carbonique dissolvent les fossiles et une certaine quantité de calcite précipite à nouveau. Par contre, il n'existe que peu de carbonate de calcium en solution.

Dans la zone moyenne règnent des conditions intermédiaires. La calcite prend une certaine importance, mais la sidérose prédomine.

D) Sur l'origine et l'évolution des intercalaires.

Nous avons tenté de retracer l'histoire des couches minéralisées, en prenant en considération leurs constituants essentiels. Dans les conclusions finales, nous essaierons de déduire de l'étude des minéraux clastiques des indications sur l'origine possible de l'apport continental.

Quelles que soient leurs provenances, les éléments qui prennent

Source : MNHN, Paris

part à la composition de la masse formée *in situ*, oolithes et gangue, ont été impliqués au cours de cette histoire dans des réactions chimiques qui nous sont connues par la nature des espèces minérales identifiées.

Chaque couche apparaît ainsi non seulement comme une unité stratigraphique, mais aussi comme un ensemble minéralogique bien déterminé et parvenu à un certain équilibre.

Nous le répétons, seuls les éléments principaux sont envisagés ici à l'exclusion des éléments tels que le phosphore, le vanadium et d'autres métaux accessoires.

Mais cette apparence simple dissimule le problème du bilan chimique auquel nous avons déjà fait allusion.

Les éléments, qui se trouvent dans l'eau de mer ou arrivent du continent, ne constituent pas un ensemble quantitatif conforme à nos équations. Leurs proportions relatives étant fortuites, ils ne peuvent s'intégrer en totalité dans l'ensemble de la couche où pratiquement tout est en équilibre minéralogique.

Par conséquent, c'est en dehors d'elle qu'il faut rechercher les éléments en excès et il existe, en effet, des dépôts contigus où nous pouvons les retrouver : ce sont les intercalaires, décrits dans un chapitre précédent.

Voyons dans quelles conditions ces stériles reçoivent des éléments non intégrés d'une couche voisine ; nous pouvons préciser tout de suite de la couche sous-jacente.

Le bassin se remplit de bas en haut et les particules qui ne peuvent s'intégrer dans la diagenèse ont la seule possibilité de s'échapper vers le haut. Seul, parmi ces éléments, le fer ferrique peut se déposer en quantité illimitée et rester en totalité dans la couche minéralisée. Quant au fer ferreux, selon toute probabilité, il sera en déficit ou en excès par rapport aux éléments du silicate et au CO^2. Suivant le cas, soit la silice, l'alumine, le magnésium et le CO^2, soit le fer ferreux, émigrent dans les eaux qui recouvrent la couche en formation. Ils contribueront à la constitution de la phyllite ou de la sidérose qui abondent, généralement, dans les intercalaires.

De nombreux exemples montrent que l'association de ces deux minéraux présente dans les stériles un aspect caractéristique.

Dans les couches minéralisées à structure oolithique normale, le carbonate de fer forme des agrégats qui réunissent au moins une dizaine de cristaux ou ils constituent des masses de dimensions assez considérables. Par contre, dans la plupart des intercalaires, dépôts pauvres en oolithes, nous voyons ce même carbonate en cristaux isolés englobés par la phyllite. Il existe, en outre, dans les niveaux minéralisés, à l'échelle du microscope, des portions riches en éléments clastiques, par exemple en mica, où les oolithes sont rares ou manquent totalement. Dans ces cas aussi, la sidérose se présente en cristaux isolés ou en groupements de deux ou trois individus..

Source : MNHN, Paris

Quels sont les facteurs qui déterminent ces deux manières d'être d'un minéral formé apparemment dans des conditions analogues ? Nous avons déjà eu l'occasion d'insister sur la force de cristallisation de la sidérose qui lui permet de croître, malgré la résistance de l'entourage. Lorsqu'elle forme des agrégats, ceux-ci sont très compacts, une forte cohésion existant entre les cristaux.

La sidérose ne laisse jamais cristalliser un autre minéral dans son « espace vital » et si elle englobe un autre constituant, il s'agit toujours de fragments clastiques.

Tout différent est le comportement des phyllites, peu ou à peine cristallisées, où la cohésion des individus d'un agrégat est très faible. Elles sont entraînées dans le mouvement de concentration, de sorte que ces minéraux se placent dans les ovoïdes ou près d'eux. Les agrégats phylliteux sont, par conséquent, des assemblages très lâches.

Il résulte de ces considérations que la phyllite peut englober la sidérose mais que le contraire est impossible. On peut comparer cette association à un mélange galets et cire où celle-ci formera nécessairement le liant.

Dans un dépôt dont la formation est commandée par le mécanisme oolithique, la séparation du silicate et du carbonate est assurée par l'obéissance de la phyllite aux forces de concentration auxquelles la sidérose oppose sa propre force de cristallisation. Mais lorsque les conditions de concentration ne sont pas réalisées, rien ne provoque la séparation et le silicate englobe la sidérose. C'est le cas de la plupart des intercalaires et de certains minerais à gangue phylliteuse et micacée.

En dehors de ce raisonnement d'ordre mécanique, nous pouvons donner une explication physico-chimique du rapport phyllite-sidérose. Admettons la formation d'un dépôt non oolithique, il s'effectue sous le contrôle de la pesanteur, les éléments dissous ou en suspension se déposent de haut en bas. Ils s'accumulent au fond du bassin, de sorte que la sédimentation s'effectue progressivement de bas en haut. Au fur et à mesure que s'épaissit et se consolide au fond le dépôt, la plus grande partie de l'eau remonte au-dessus de la couche en croissance, en même temps que les éléments en excès. C'est le cas notamment de la silice, de l'alumine, car il faut des proportions définies pour que ces corps puissent réaliser entre eux et avec le fer ferreux des silicates.

Pendant que la cristallisation progresse, l'espace dont dispose l'eau diminue de plus en plus, et avant qu'elle ne soit complétement chassée, elle assure la présence de plus ou moins de CO^2 dans la solution. Tant qu'il existe du fer ferreux dans les eaux intersticielles, il se formera de la sidérose.

Dans le chapitre où ils sont définis, nous avons proposé une classification des intercalaires, suivant leur composition minéralogique. Nous allons reprendre ces différents faciès, en essayant d'expliquer les conditions possibles de leur formation.

Source : MNHN, Paris

Faciès à oolithes ferrugineuses et gangue calcaire.

Ce faciès est à rapprocher par sa composition de la couche rouge et théoriquement son domaine se place dans la zone supérieure. En réalité, sur 18 exemples qui nous sont connus, 11 se situent au-dessus de la couche grise. Ce faciès n'existe pratiquement pas dans la zone inférieure.

Si on examine de plus près la position de ce type dans les gites, on le trouvera au-dessus de la couche rouge dans 3 gisements : à Longlaville, Hussigny et Boulange. A Bois d'Avril nous voyons ce même stérile au-dessus d'une couche jaune calcaire. A Mont-St-Martin, il recouvre la couche noire, mais celle-ci représente une anomalie calcaire.

Parfois seule l'abondance des éléments clastiques distingue le stérile de la couche sous-jacente, c'est le cas des intercalaires jaune-gris de Redange et de Moulaine et des marnes micacées au-dessus de la couche rouge à Auboué.

Dans trois gisements nous avons observé des intercalaires qui se distinguent de la couche minéralisée par une teneur plus élevée en calcite. On les trouve au-dessus de la couche rouge à Saulnes et à Homécourt. Dans ce dernier gisement, un dépôt calcaire réapparaît entre les couches rouge et jaune.

Dans tous les cas, l'intercalaire diffère peu de la couche qu'il recouvre. Le plus souvent la différence n'est qu'une accumulation d'éléments clastiques. Lorsqu'on note une certaine variation de composition, elle semble encore logique. Il s'agit, en effet, d'une diminution de la teneur en fer et d'un enrichissement en calcaire vers le haut.

Mais il existe des stériles dont la composition paraît anormale par rapport au niveau minéralisé sous-jacent, Ce sont des intercalaires plus silicatés que les couches sur lesquelles ils reposent, d'autant plus qu'on les retrouve au-dessus de la couche rouge. Tel est le cas à Mont-St-Martin, Micheville, Angevillers et Valleroy. A Ottange I c'est la couche jaune que surmonte un intercalaire plus silicaté qu'elle.

Dans deux gisements, cependant, on trouve des intercalaires moins silicatés que les niveaux minéralisés. C'est la couverture calcaire de la couche grise de Saucy et le dépôt au-dessus de la couche rouge de Redange.

En résumé, dans un certain nombre de cas la différence est insignifiante et le stérile ne traduit pas un changement notable par rapport aux conditions de formation de la couche sous-jacente. Elle devient réellement sensible lorsque l'intercalaire est plus silicaté que le niveau minéralisé. Dans ce cas, il faut admettre un changement notable dans l'apport continental.

Faciès à oolithes ferrugineuses et gangue mixte.

La répartition des éléments dans les intercalaires de ce type est la suivante :

Les oolithes sont constituées par des hydroxydes ; dans la gangue

Source : MNHN, Paris

on peut mettre en évidence : la silice, l'alumine, la magnésie, le fer ferreux et ferrique et le calcium.

Nous avons étudié 47 intercalaires de cette catégorie, 36 d'entre eux se situent au-dessus de la couche grise. Par conséquent, la partie supérieure de la zone moyenne et la zone supérieure constituent leur domaine principal.

Dans la couche grise, nous avons bien une certaine quantité de fer ferrique dans les organismes, un peu dans les oolithes, mais pas du tout dans la gangue. Lorsque l'intercalaire se dépose sur cette couche, il s'en distingue par trois traits principaux :

1°) Une plus grande richesse apparente en fer.

2°) Réduction moindre par rapport à la quantité totale de fer.

3°) Remplacement du silicate ferreux par le fer ferrique dans les oolithes.

Le premier de ces traits ne peut s'expliquer que par un changement quantitatif dans l'apport continental.

Le deuxième montre que nous sommes au seuil d'une zone où les propriétés du milieu générateur tranchent nettement sur celles des couches sous-jacentes.

Ces deux premiers caractères, enrichissement en fer et réduction moindre, se traduisent d'une façon spectaculaire dans la composition et la structure de l'intercalaire.

En effet, si le grand nombre des éléments clastiques constitue dans ces stériles un agent réducteur, ils font en même temps obstacle au mouvement du gel ferrique vers les oolithes. En outre, et souvent dans une forte proportion, les phyllites adsorbent ce gel qui reste en partie dans la gangue. Ainsi l'hydroxyde s'étale dans la roche et on peut surestimer son importance.

D'une façon générale, le silicate augmente de haut en bas dans le dépôt et l'on pourrait croire que les intercalaires sont moins silicatés que les couches sous-jacentes, cependant il n'en est rien la moitié des stériles de ce type renferment davantage de phyllite que les minerais sur lesquels ils reposent. Remarquons que ceux-ci sont généralement riches en calcite, même dans la zone moyenne. Tous les intercalaires silicatés ont dû bénéficier d'un apport provenant par élimination de la couche sous-jacente.

Etant donnée sa composition, dans la zone moyenne, ce type d'intercalaire montre peu de différence avec la couche minéralisée correspondante. C'est le cas des stériles entre les couches grise et brune à Montrouge, Valleroy et Auboué.

Même dans la zone supérieure, la différence est minime entre la couche rouge silicatée de Villerupt et Tiercelet, et le dépôt qui la recouvre.

Il existe dans la zone moyenne une dizaine de cas où l'abondance des éléments clastiques distingue l'intercalaire de la couche sous-jacente. Citons les intercalaires gris et noir de Godbrange, Hussigny, et les jaune-gris de Moulaine, Redange, Ottange, Pienne et Neufchef.

Source : MNHN, Paris

A Bure, l'intercalaire marneux riche en quartz recouvre une couche jaune en partie silicatée. A Fontoy, les marnes grèseuses reposent sur une couche rouge à accidents phylliteux.

Trois intercalaires sont caractérisés par la présence assez massive de la calcite ; ceux de Ste-Barbe et de Valleroy reposent sur la couche brune très silicatée, tandis qu'à Ottange III, un stérile calcaire sépare les couches jaune et rouge, où la phyllite accompagne la calcite.

Faciès à oolithes silicatées et gangue mixte.

Les oolithes de ce faciès sont formées par la phyllite, tandis que dans la gangue le silicate, parfois imprégné d'hydroxyde de fer, est accompagné par la sidérose.

Au point de vue chimique, on trouve dans les oolithes la silice, l'alumine et le fer ferreux. Dans les espaces interoolithiques le calcium, le CO^2 et le fer ferrique s'ajoutent à ces mêmes éléments.

Pour qu'un tel dépôt puisse se former, la plus grande partie du fer doit être réduite en fer ferreux qui est utilisé pour former le silicate et la sidérose.

Les éléments clastiques abondent, les fossiles sont nombreux, de sorte que la masse autochtone, phylliteuse et carbonatée, reste peu importante dans les espaces interoolithiques. Tout le CO_2 présent dans le dépôt n'entre pas en réaction avec le ferreux et il se forme de la calcite. Quant au fer resté à l'état de Fe^{++} il se fixe dans la gangue sous forme d'hydroxyde.

Ces caractères minéralogiques correspondent à la composition de la partie inférieure de la zone moyenne. En effet, sur 12 intercalaires de ce type, 6 se placent entre les couches verte et noire. Quatre d'entre eux ne diffèrent que très peu de la couche verte, ce sont ceux de Moulaine, d'Audun-le-Tiche, Bois d'Avril, Tiercelet.

A Montrouge, les marnes au-dessous de la couche noire sont moins calcaires que la couche verte où la calcite joue un rôle non négligeable.

A Neuchef, sur une couche verte typique, repose un stérile silicaté renfermant des oolithes imprégnées d'hydroxyde de fer.

A Doepschesgrund, une couche grise peu silicatée, riche en sidérose, est recouverte par un intercalaire dont la gangue est formée par le même carbonate. Une telle composition ne peut s'expliquer que par un apport continental particulièrement pauvre en silice.

A Godbrange, on trouve au-dessous de la couche rouge des intercalaires plus silicatés que la couche grise.

Dans la zone supérieure, il existe, au-dessus de la couche jaune de Giraumont, un intercalaire très phylliteux. On trouve aussi trois représentants de ce type au-dessus de la couche rouge, un à Villerupt et deux à Murville. Ils peuvent être expliqués par la contribution de la couche sous-jacente et une réduction accrue dans l'intercalaire par suite d'une grande accumulation des éléments clastiques.

Source : MNHN, Paris

Faciès à oolithes calcaires.

Généralement dans les minerais lorrains, les oolithes sont soit ferrugineuses, soit silicatées et nous sommes arrivés à la conclusion qu'elles sont dues à un phénomène de concentration.

Or, nous voyons, pour la première fois, dans des dépôts calcaires surmontant la couche rouge de Murville et de St-Pierremont, des oolithes calcaires. Elles sont d'ailleurs accompagnées par des ovoïdes ferrugineux. Il semble logique d'attribuer au même mécanisme la formation dans un même dépôt des oolithes des deux catégories. Cette conclusion aura, peut-être, un certain intérêt, non seulement pour les sédiments que nous étudions mais aussi pour les calcaires oolithiques.

Si on examine les ovoïdes calcaires de ces deux gisements, on constate que leur volume est deux à trois fois plus important que celui des ovoïdes ferrugineux. La calcite y est plus finement cristallisée que l'agrégat largement grenu de la gangue. A St-Pierremont, les oolithes calcaires sont imprégnées de stilpnosidérite.

Dans quelles conditions ont pu se former ces deux intercalaires ?

Celui de Murville repose sur un intercalaire gréseux dont le ciment est constitué par le silicate vert et les deux carbonates. Ce stérile a pris naissance grâce à l'arrivée massive de fragments clastiques. Au-dessus de ce banc siliceux se trouve une roche calcaire très accessoirement ferrugineuse. Elle a pu se former par précipitation de la calcite à partir de l'eau de mer et la contribution du continent s'est limitée à quelques fragments de quartz et à un peu de fer.

A St-Pierremont aussi, le quartz clastique représente le seul élément continental ayant une certaine importance. Par conséquent, ces deux calcaires traduisent un arrêt de l'apport venant de la terre ferme.

Faciès gréseux.

C'est le type le plus représentatif des intercalaires, car il accuse le maximum de différence par rapport aux couches minéralisées, la majeure partie de leur masse étant constituée par des fragments clastiques.

La nature de l'apport continental conditionne sa formation plus que les propriétés physico-chimiques du milieu. En effet, quel que soit le niveau où il se dépose, et la composition des couches qu'il sépare, il reste peu de place pour l'eau et pour les éléments dissous ou en suspension. Par conséquent, ceux-ci n'interviennent que pour une part relativement faible dans la constitution du dépôt. En outre, ils ne possèdent pas la mobilité requise pour la formation des oolithes. Aussi ne trouvera-t-on qu'un nombre très limité d'ovoïdes et souvent même ceux-ci font complètement défaut.

Parmi les minéraux autochtones, prédomine le silicate et abonde la sidérose, accompagnée ou non par la calcite. Il est des cas, cependant, où une quantité notable de gel reste à l'état ferrique et la stilpnosidérite donne naissance à quelques oolithes, elle se fixe également dans le ciment phylliteux, lui conférant une coloration rouge.

Source : MNHN, Paris

Dans quatre cas seulement sur 19, ces formations gréseuses renferment des ovoïdes ferrugineux. Il s'agit des intercalaires gris-noir de Godbrange et Neufchef et du jaune-gris de Pienne et Amermont.

Bien plus caractéristiques sont les intercalaires gréseux dépourvus d'oolithes, 7 sur 16 se trouvent au-dessus de la couche rouge et 6 autres entres les couches grise et noire. Ils font défaut dans la zone inférieure.

Par conséquent, il existe deux horizons très siliceux, l'un au-dessus de la couche noire et l'autre au-dessus de la couche rouge.

Quelle que soit leur place dans l'ensemble du dépôt, ces bancs sans oolithes sont presque toujours plus silicatés que la couche sous-jacente.

Lorsqu'on les trouve dans la zone moyenne, ils recouvrent des minerais caractérisés par une anomalie calcaire. Cette différence de composition s'explique facilement. La calcite se forme à partir de la chaux et du CO_2 contenus dans l'eau de mer, or il reste peu d'eau dans ces accidents où s'accumulent les éléments clastiques et par conséquent il s'y forme relativement peu de calcite.

Ajoutons que sur 20 dépôts gréseux, 14 se trouvent concentrés dans le bassin d'Ottange.

Faciès à oolithes silicatées et gangue carbonatée.

Nous avons étudié 5 intercalaires dans lesquels des oolithes silicatées sont englobées dans une gangue carbonatée. En général, la calcite prédomine dans les espaces interoolithiques.

C'est le cas des intercalaires gris-noir de Redange, d'Ottange II, de Roncourt et du stérile entre les couches rouge et jaune de Valleroy.

A Redange et à Roncourt, la gangue de la couche noire est constituée par le silicate et la sidérose. A Valleroy, la couche jaune ne renferme que peu de calcite. Par conséquent, ces intercalaires sont non seulement plus silicatés, mais plus calcaires que la couche sous-jacente.

Une gangue formée par la sidérose seule caractérise l'intercalaire jaune-gris de Roncourt. Il est à la fois moins silicaté et moins calcaire que la couche grise qui renferme une certaine quantité de calcite.

Ce faciès d'ntercalaire à oolithes silicatées et gangue carbonatée, très rare, peut se former dans un milieu réducteur, lorsque l'apport continental est faible.

En résumé, les intercalaires représentent, au point de vue minéralogique, des accidents riches en fer ferreux et cette particularité est en rapport avec l'entassement des éléments clastiques qu'ils accusent tous plus ou moins.

De toute évidence, cette accumulation est due à un changement dans l'apport continental. Dans le bassin encombré par la masse détritique inerte, il se créait des conditions de dépôt différentes de celles où se sont élaborées les couches. Le milieu moins homogène est moins

Source : MNHN, Paris

aqueux, par conséquent moins oxygéné. Tout se passe comme si l'apport massif en éléments détritiques rétablissait, localement, les conditions du fond, favorables à la réduction du fer.

Mais la répartition des différents faciès montre que les intercalaires reflètent à chaque niveau, dans une certaine mesure, la composition des couches minéralisées. Cependant, même si leurs caractères minéralogiques sont très voisins, on distingue sans hésitation un minerai et un intercalaire.

C'est la structure particulière qui donne au stérile sa physionomie spéciale. Le mode d'association phyllite-sidérose en est le trait marquant.

E. — Changement de la composition minéralogique au passage d'une couche à la couche suivante.

Nous avons défini la couche verte comme étant un niveau caractérisé par des oolithes silicatées et une gangue où la sidérose accompagne la phyllite.

Plusieurs fois, nous avons pu décrire les intercalaires qui recouvrent la couche verte. A présent, sans tenir compte des stériles, nous essayerons de résumer le changement de composition entre la couche verte et la couche qui lui est superposée. Il s'agit soit de la couche noire, soit plus rarement de la couche brune.

Il apparaît qu'au-dessus de la couche verte on retrouve encore une formation silicatée où la sidérose est le plus important des carbonates, mais, dans la plupart des cas, un minerai ferreux coexiste avec un minerai calcaire et ferrugineux.

Les oolithes silicatées dans la couche inférieure deviennent ferrugineuses dans la couche suivante où la calcite se dépose en quantité assez notable dans les espaces interoolithiques.

A l'extrémité nord-ouest du bassin de Longwy, une certaine analogie est à noter entre la couche verte où les oolithes sont plus ou moins ferrugineuses et le niveau minéralisé qui la recouvre. Il existe donc, même au niveau le plus profond de ces gisements, une certaine quantité de gel à l'état ferrique. Partout ailleurs, la couche inférieure accuse un état de réduction du fer quasi total.

En résumé, la couche verte est, dans l'ensemble du bassin, une formation homogène bien caractérisée. Par rapport à elle, les couches noire et brune apparaissent comme des dépôts moins silicatés et plus calcaires.

Mais ces mêmes niveaux représentent, vis-à-vis de la couche grise, des dépôts moins calcaires, exception faite pour la région nord-ouest du bassin de Longwy où la différence reste faible, les couches brune et noire étant riches en calcite.

D'une façon générale, la couche grise est plus silicatée et moins calcaire que la couche jaune, de sorte qu'elles possèdent une composition nettement différente. Cependant, assez fréquemment, le contraste s'atténue, soit que la couche grise renferme des quantités

Source : MNHN, Paris

notables de calcite, soit que la jaune soit silicatée. C'est le cas d'une zone est-ouest englobant les gisements de Bazailles, Errouville, Ottange, Rochonvillers et Fontoy, caractérisée par une couche grise calcaire.

Par rapport à la couche grise, le silicate et la sidérose sont en régression trés nette dans la couche jaune et deviennent accessoires dans la couche rouge, où prédomine la calcite.

Dans quelques gisements, cependant, la couche rouge est en partie silicatée et la couche jaune assez calcaire et les différences s'atténuent.

Il n'est pas possible de localiser une région caractérisée par cette analogie.

En ce qui concerne les carbonates, la sidérose atteint parfois la couche rouge, tandis que dans les autres cas elle s'arrête dans la couche jaune.

F. — Répartition de la sidérose.

Aprés avoir examiné les différences de composition entre les niveaux successifs, on est amené à étudier les variations à l'intérieur de chacun d'eux. Il suffit pour cela d'envisager la répartition du carbonate de fer.

En effet, toutes les fois qu'un dépôt renferme la sidérose en quantité notable, il est en même temps riche en silicate. De plus, dans les formations calcaires, les hydroxydes libres sont plus abondantes que dans les niveaux caractérisés par la sidérose.

Dans ces conditions, en indiquant la proportion des deux carbonates dans un minerai, on donne implicitement une idée de sa composition y compris les phyllites et les hydroxydes.

Couche verte.

Nous avons défini la couche verte typique comme un dépôt caractérisé par la paragenése silicate-sidérose. Cependant dans 20 % des gisements étudiés on identifie une certaine quantité de calcite dans la gangue.

Nous avons représenté, sur une carte schématique du bassin, les gites dans lesquels nous avons étudié la couche verte. Les gisements relativement riches en calcite y sont marqués par un trait vertical, ceux où la sidérose est presque exclusive sont représentés par un cercle. Ils déterminent les contours d'une zone axiale étroite (hachurée qui s'incurve au nord, vers l'ouest, fig. 23).

Couche noire.

Sur 23 gisements où nous avons étudié la couche noire, 7 sont relativement calcaires : Mont-Saint-Martin ; Godbrange, Bazailles, Mourière et Giraumont. Ils se situent à l'ouest de la zone á sidérose de la figure 23.

Source : MNHN, Paris

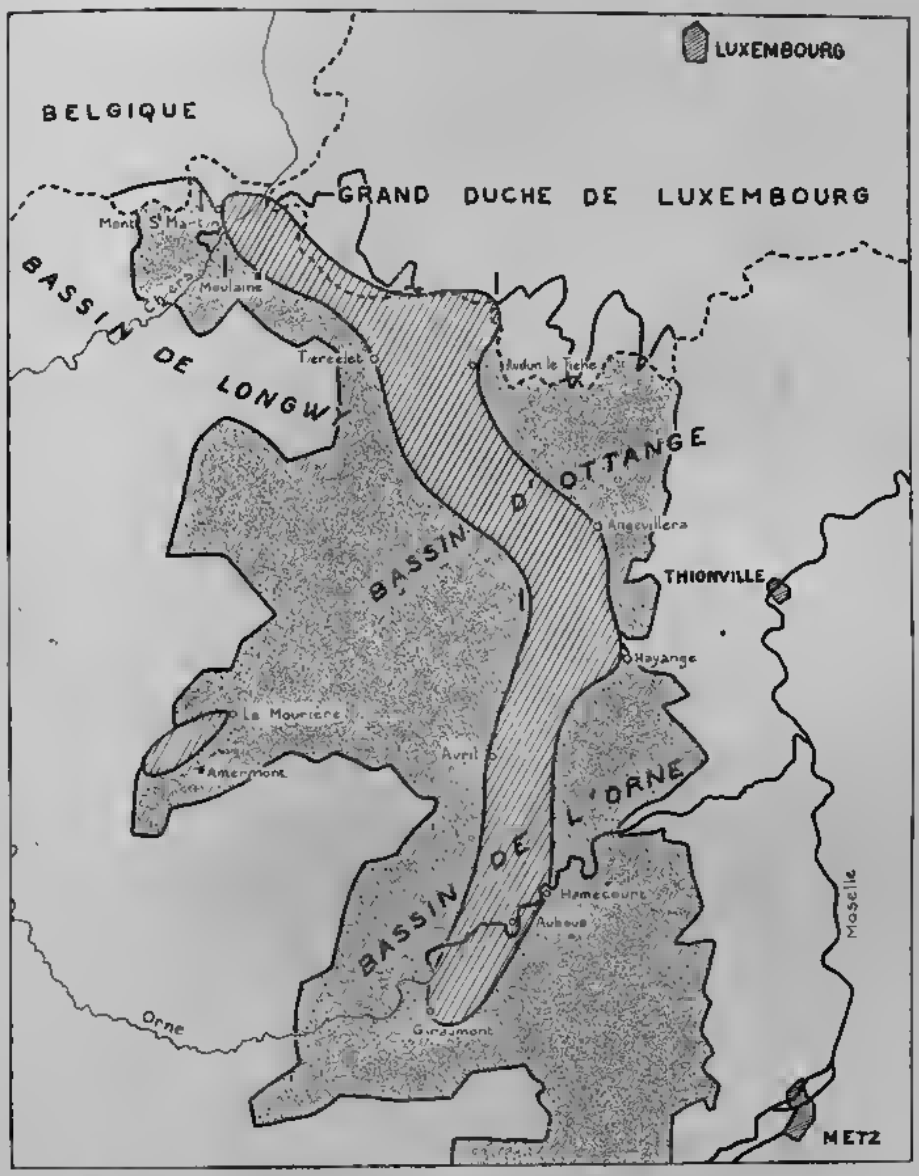


Fig. 23. — Répartition des carbonates dans la couche verte.

Couche brune.

Avec la couche brune, on note une régression très notable de la sidérose. On ne la trouve sans calcite que dans 3 gisements sur 13.

Source : MNHN, Paris

Couche grise.

Dans la couche grise, la sidérose reprend à nouveau une extension considérable. Elle est plus abondante que la calcite, quoique celle-ci conserve une certaine importance dans 20 gisements sur 47.

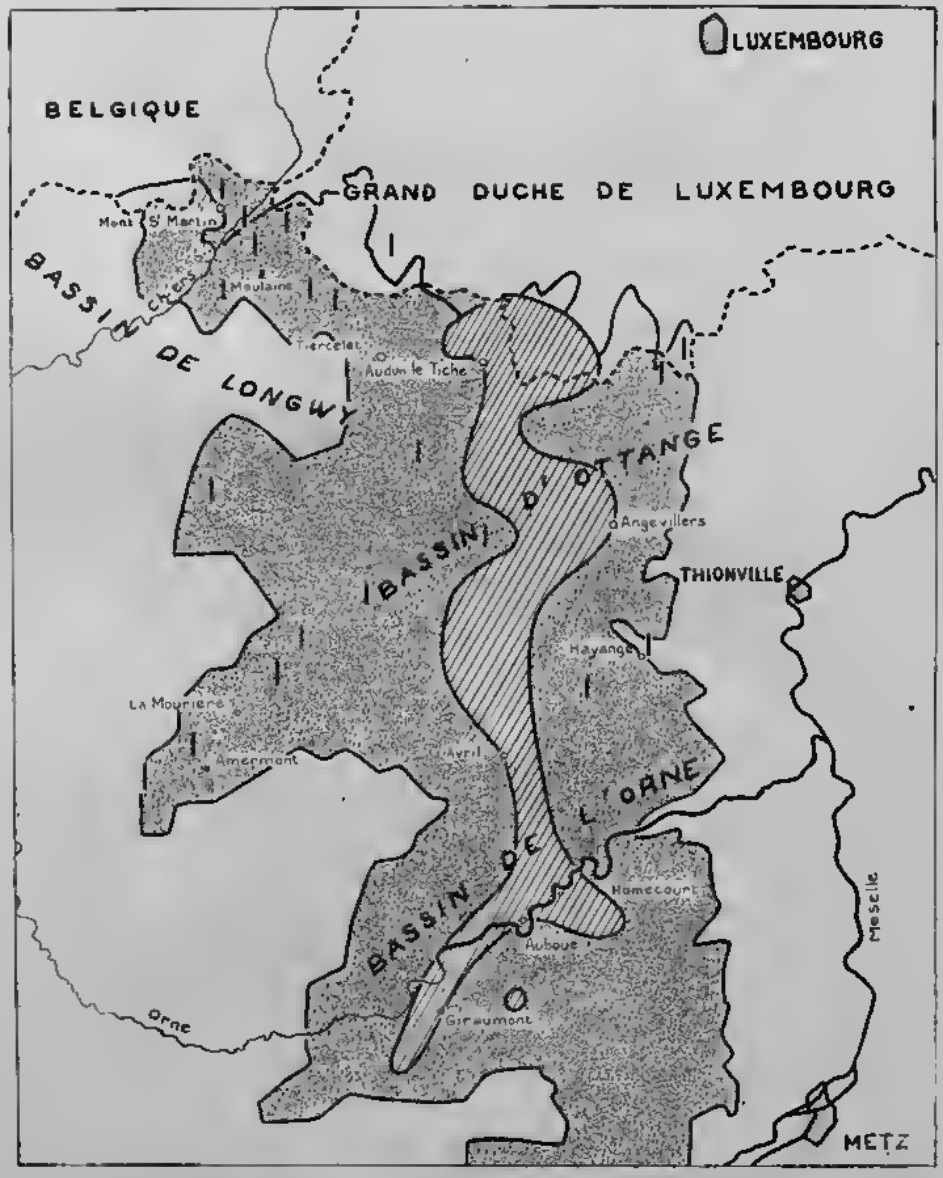


Fig. 24. — Répartition des carbonates dans la couche grise.

Sur la fig. 24, on retrouvera la zone axiale du carbonate de fer de la couche verte, mais son extension est moindre vers le nord-ouest, le

Source : MNHN, Paris

bassin de Longwy étant nettement plus calcaire. En outre, quelques accidents calcaires apparaissent en bordure est et ouest du bassin.

Couche jaune.

Nous avons vu que, dans la couche jaune, la sidérose prend une part importante, mais la calcite prédomine déjà.

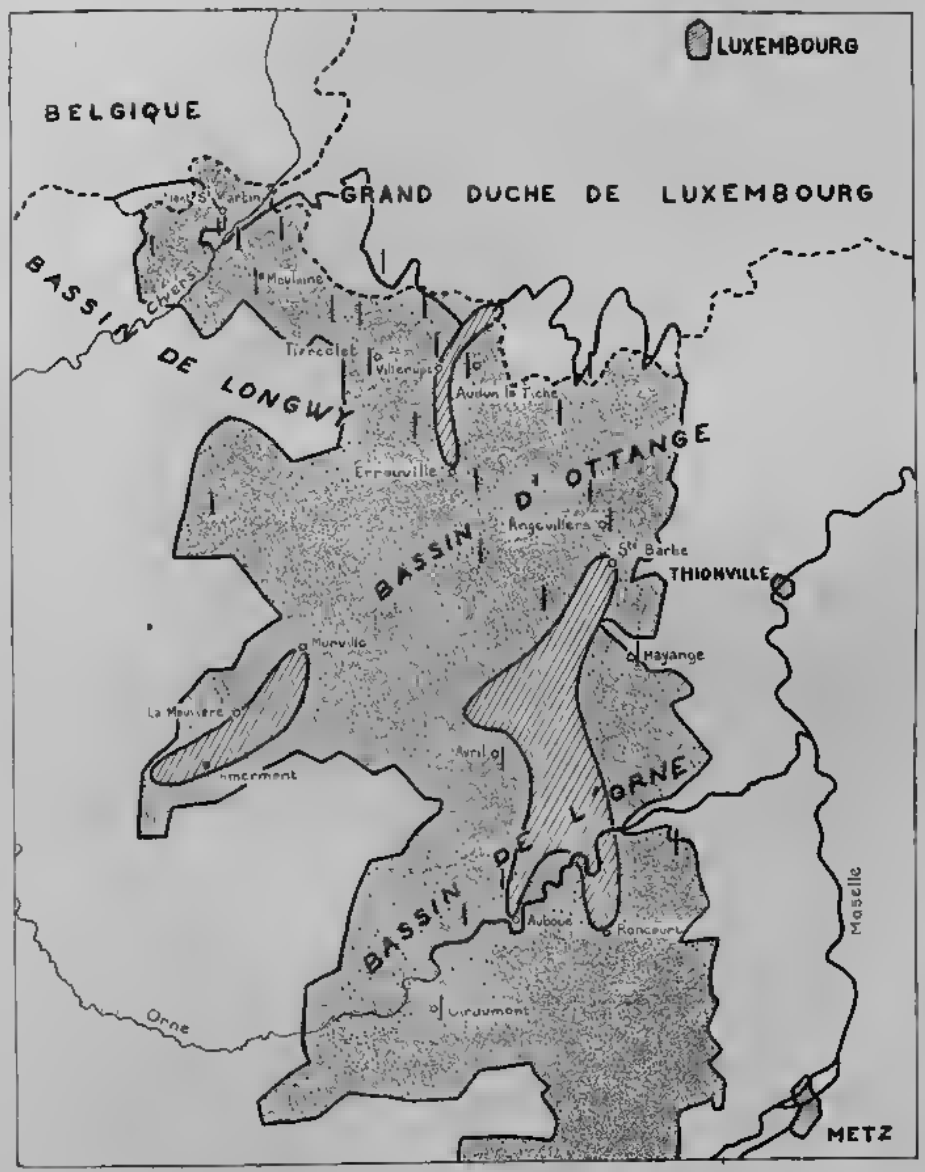


Fig. 25. — Répartition des carbonates dans la couche rouge.

Source : MNHN, Paris

Dans la moitié environ des gisements, on note la présence du carbonate de fer. Ils délimitent une bande étroite entre Micheville, Angevillers, Roncourt et St-Pierremond, située à l'intérieur de la zone à sidérose déjà repérée.

Couche rouge.

La couche rouge est caractérisée par la prédominance de la calcite dans la gangue. Cependant, dans environ un tiers des gisements, la sidérose l'accompagne. Les gîtes à deux carbonates ne déterminant pas une figure continue (fig. 25), on obtient trois lambeaux dont le plus important s'étend entre Ste-Barbe et Roncourt. Un îlot existe dans la la région de Montrouge, Audun-le-Tiche et Aumetz. Ces deux accidents se situent à l'intérieur de la zone axiale à sidérose. Dans la région de Murville, la Mouriére, Pienne et Amermont, on note un autre îlot où la présence de la sidérose caractérise la couche rouge.

Il ressort, de l'examen de ces cartes, non seulement l'existence d'une zone axiale nord-sud caractérisée par l'importance de la sidérose et du silicate (on sait en effet que ces deux minéraux sont généralement associés) mais aussi une division du bassin, suivant une ligne sud-ouest nord-est, qui suit sensiblement la faille d'Ottange, Audun-le-Romain et Bonvillers.

La région au nord de cette ligne comprend la plupart des gîtes riches en calcite, comme le montre le schéma de la couche rouge, ou mieux encore celui de la couche grise.

Si au lieu d'envisager les niveaux dans toute leur étendue, on jette un coup d'œil sur quelques gisements où la plupart des horizons sont connus, on arrive également à distinguer ces deux régions.

Dans les gîtes de Mt-St-Martin, La Sauvage, Bazailles, Godbrange, Hussigny, Montrouge, Audun-le-Tiche, Errouville, Murville, Mourière et Fontoy, le niveau calcaire atteint la zone moyenne. Les couches grise, brune et noire y sont encore assez riches en calcite.

A Moulaine, Ida, Aumetz, Angevillers, Ste-Barbe, Boulange, Bois d'Avril, Hayange, Neufchef, Homécourt, Valleroy, Roncourt, Auboué et Giraumont, à partir de la couche jaune ou de la couche grise, la sidérose et le silicate abondent à tous les niveaux.

2°) RÉGION DE NANCY.

Nous avons vu que les couches minéralisées de la région de Nancy ont une composition minéralogique monotone, aucune variation essentielle ne pouvant être dégagée lorsqu'on les compare entre elles.

En général, les trois niveaux sont assez riches en hydroxydes libres, la calcite y abonde et la sidérose cristallise dans la plupart des minerais ; on observe partout, quoique en faible quantité, le silicate.

Envisageons respectivement dans les bassins nord et dans le bassin de Nancy les minéraux renfermant le métal utile.

Source : MNHN, Paris

Dans la zone supérieure de la région de Longwy-Briey, la goethite et la stilpnosidérile sont les seuls minéraux ferrifères, mais leur importance quantitative est assez grande par rapport à la calcite qui les accompagne.

Dans la zone moyenne, les hydroxydes sont moins abondants, par contre le silicate ferreux et la sidérose, minéraux moins ferrifères, y prennent une extension considérable. La calcite, mineral stérile par excellence, est accessoire.

Dans la zone inférieure, les hydroxydes font défaut, pratiquement tout le fer se trouve à l'état ferreux dans le silicate el la sidérose.

En résumé, dans ces bassins, le fer se concentre aux niveaux supérieurs à l'état d'hydroxyde ; il se cantonne dans la zone inférieure dans le carbonate et le silicate ferreux, tandis que dans la zone moyenne il se répartit dans ces trois familles de minéraux.

Dans le bassin de Nancy, il n'est pas possible de caractériser les niveaux par la prédominance des minéraux ferreux ou ferriques.

Les hydroxydes semblent être dans les trois couches la principale source de fer. Dans chacun d'eux la sidérose et le silicate jouent un rôle accessoire et sensiblement égal. La calcite est, dans l'ensemble, elle aussi, presque également répartie. Cependant, c'est dans la couche supérieure, que l'on trouve surtout des minerais à gangue calcaire, comparables à ceux de la couche rouge.

On note, d'autre part, dans certains gisements un enrichissement en sidérose dans la couche inférieure.

Les éléments clastiques abondent. Tous les minerais renferment un grand nombre de petits fragments de quartz. La muscovite d'origine détritique est très répandue et l'on trouve souvent des fragments de feldspath.

L'accumulation de minéraux clastiques confère au minerai de ce bassin un aspect qui rappelle les intercalaires de Longwy-Briey, notamment le faciès à oolithes ferrugineuses et gangue complexe. Toutefois, il y a une différence notable entre ces stériles et les minerais de Nancy. Ces derniers sont beaucoup plus calcaires que les intercalaires en question et aussi plus riches en hydroxydes.

Si l'on cherchait un rapprochement avec les trois zones d'oxydation des bassins nord, on rangerait toute la formation de la région de Nancy à la partie supérieure de la zone moyenne. L'analogie est parfaite dans quelques accidents où nous retrouvons la composition et la structure de la couche grise.

Ainsi, aucune variation notable ne distingue la composition des couches minéralisées de la région de Nancy. De même, leur structure montre les mêmes particularités. Le développement des minéraux et leur mode d'association déterminent un assemblage très spécial, de sorte que nous pouvons parler d'un faciès de Nancy, très différent des faciès des régions nord.

Comme nous l'avons vu, dans le bassin de Longwy-Briey la répartition des minéraux suit certaines règles. Ils sont généralement bien séparés et montrent la même succession à partir des oolithes. Dans le

Source : MNHN, Paris

cas le plus complexe, celles-ci sont formées par l'hydroxyde colloïdal puis on rencontre les silicates et les carbonates.

Dans les minerais de Nancy, les oolithes sont aussi essentiellement ferrugineuses, mais, en dehors d'elles, les minéraux ne montrent pas un agencement concentrique et n'occupent pas, dans la gangue, des aires séparées. Comment peut-on imaginer la formation des deux faciés à partir des mêmes constituants ?

Comme dans les intercalaires, une partie notable du gel ferrique reste dans la gangue des minerais de Nancy. L'abondance des éléments clastiques entrave le mouvement de convection des gels et détermine un certain déficit d'oolithes. Elle empêche ainsi la séparation des minéraux suivant leur degré de cristallinité.

Nous avons examiné plus haut le problème de l'association phyllite-sidérose. Nous sommes arrivés à la conclusion que, lorsque les conditions mécaniques nécessaires à la formation des oolithes sont incomplétement réalisées, rien ne provoque la séparation des gels des minéraux cristallins. C'est ainsi que, dans les intercalaires, le silicate englobe les cristaux de sidérose.

Dans les minerais de Nancy, cette explication est valable non seulement pour la sidérose, mais aussi pour la calcite. Les deux carbonates s'y déposent en cristaux isolés, avec leurs formes propres, dans une masse de gels silicatés et ferriques très abondante.

En étudiant les minerais de Longwy-Briey, nous avons été conduits à conclure qu'il n'existe pas de phases successives colloïdale et cristalline. Le conglomérat ferrugineux de Maron-Val-de-Fer donne un argument de plus à l'appui de cette déduction. On y voit, en effet, la goethite se substituer à la calcite de la gangue. Par conséquent, l'hydroxyde qui épigénise les organismes, noyaux des oolithes, et en forme la zone corticale, se dépose à l'occasion dans les espaces interoolitbiques. Dans les fossiles, comme dans le ciment, la goethite peut cristalliser grâce à la présence de la calcite. Cet hydroxyde se dépose plus souvent par voie de substitution que par cristallisation directe et l'on peut dire, que les fossiles épigénisés représentent, dans les minerais lorrains, la grande réserve de fer à l'état d'oxyde cristallin.

Lorsque nous avons représenté sur la carte la répartition des dépôts calcaires-ferriques et silicatés-ferreux, une concentration des gisements de la première catégorie est apparue au Nord, dans les bassins de Longwy et d'Ottange.

Dans la partie Sud de la formation, la région de Nancy apparaît à nouveau comme un dépôt riche en calcite et en fer ferrique, quoique la sidérose y joue un rôle assez important.

Si les couches minéralisées sont nettement différentes entre elles dans les bassins d'Ottange et de l'Orne, elles le sont beaucoup moins à l'extrémité nord dans le bassin de Longwy. De même, et beaucoup plus encore, dans la région de Nancy, il est impossible de caractériser les couches supérieure, moyenne et inférieure par la composition minéralogique.

Source : MNHN, Paris

3°) QUELQUES CONSIDÉRATIONS SUR LA STRUCTURE DES MINERAIS LORRAINS.

Nous avons déjà implicitement tenu compte de la structure des minerais lorrains, en répartissant les minéraux dans les oolithes et dans la gangue. A présent, nous allons concentrer notre attention sur des actions mécaniques et les relations mutuelles entre les ovoïdes et le ciment. Nous commencerons par les phénomènes de déformation.

De nombreuses observations suggèrent l'idée de déformations produites avant la consolidation totale du ciment. La plus répandue est le décollement des couches concentriques des ovoïdes. Les parties disloquées ne s'écartent que faiblement de leurs positions initiales. Elles sont colmatées par la gangue, de telle sorte que l'ensemble reste groupé et la forme de l'oolithe est relativement peu modifiée. La déformation s'est donc produite dans un milieu de mobilité très restreinte et il semble que le remplissage se soit produit au fur et à mesure du décollement.

Mais les oolithes subissent aussi des ruptures suivies d'un déplacement limité des fragments. Ceux-ci restent assez rapprochés pour que l'on puisse reconnaître qu'ils proviennent du même ovoïde.

Dans d'autres cas, lorsque la consistance du milieu permet encore des mouvements de plus grande ampleur, les débris sont emportés loin de leur origine et beaucoup d'entre eux servent de noyaux à de nouvelles oolithes.

Non moins instructives que les observations se rapportant à des oolithes isolées, sont celles que l'on doit à des fragments assez différents du minerai qui les entoure. Ils réunissent quelques oolithes, des organismes et parfois des débris de quartz dans une gangue ferrugineuse. Leurs formes plus ou moins arrondies montrent qu'ils résultent d'un remaniement. Ces fragments complexes posent un problème délicat. Ils sont, en effet, presque entièrement formés par la goethite cristallisée, au sein d'un minerai où l'hydroxyde de fer reste crypto-cristallin sinon colloïdal et où la gangue n'est pas ferrugineuse.

Il ne semble pas logique d'admettre, comme on l'a fait parfois, qu'ils proviennent d'un dépôt plus ancien. Il est plus plausible de penser qu'il existait, dans le minerai en voie de consolidation, des accidents riches en goethite, seuls ils ont résisté aux mouvements qui agitaient le milieu. Ils représentent dans l'histoire du minerai une époque où le dépôt en partie figé conservait une mobilité relative, comme une masse d'eau qui charrie des blocs de glace.

Nous venons de décrire brièvement quelques exemples de déformations subies par des portions du minerai déjà consolidées et nous avons vu que les fragments ont souvent été entraînés dans un déplacement postulant une certaine mobilité.

Ces exemples nous ont appris, comme l'a fait l'étude de la composition minéralogique, qu'à un moment donné toute l'étendue du dépôt

Source : MNHN, Paris

ne se trouve pas au même degré de développement. Certaines parties ont achevé leur évolution, puis ont été détruites, alors que dans d'autres les oolithes prennent encore naissance.

Il reste à citer, dans cet ordre d'idée, un cas peut-être plus instructif que tous les précédents et qui renseigne sur l'état du dépôt avant qu'il ne se fige définitivement. Il s'agit de l'association de deux ou plusieurs oolithes ayant chacune sa propre zone corticale et qui possèdent, en outre, une enveloppe commune. Le revêtement a exactement la même composition et la même structure que les enveloppes individuelles. Par conséquent, les oolithes ainsi réunies occupaient déjà leur position définitive, c'est-à-dire se trouvaient dans l'impossibilité de se séparer, lorsque s'est déposée l'enveloppe extérieure.

En étudiant les minerais pisolithiques A. Vatan [6] signale des associations analogues et en conclut qu'on a affaire à un phénomène de concentration.

Appliquée aux minerais oolithiques, cette interprétation paraît également raisonnable. Il ne peut s'agir d'oolithes en croissance flottant librement dans une eau agitée. C'est dans un milieu visqueux que nous verrions plutôt se déposer l'enveloppe oolithique.

4°) QUE PEUT-ON PENSER DES FORMATIONS GÉOLOGIQUES CONTINENTALES QUI ONT CONTRIBUÉ A L'ÉDIFICATION DU DÉPOT FERRIFÈRE DE LORRAINE ?

Structure et composition minéralogique ont fourni des données, qui se vérifient et se complètent. Si on doit renoncer à tenir compte, dans le détail, de tous les résultats acquis, on peut néanmoins prétendre retracer l'histoire de ces sédiments.

Cette étude a été abordée sans idée préconçue, mais avec le souci de choisir toujours, parmi les explications possibles, celles qui reflètent au mieux la continuité des phénomènes à reconstituer.

Lorsque, pour terminer ce travail, nous quittons le domaine des observations pour avancer dans celui des hypothèses, elles resteront encore en relations étroites avec les données concrètes.

Rappelons que les matériaux qui contribuent à la formation des gisements de fer oolithiques sont fournis par la mer ou apportés du continent.

En ce qui concerne ces derniers, les changements géologiques intervenus depuis le début de l'ère secondaire ne permettent pas de préciser leur lieu d'origine ; mais il est certain que les couches les plus profondes se sont édifiées au détriment de la partie supérieure du continent, enlevée au début du cycle d'érosion. Or, l'association de la sidérose et du silicate caractérise les niveaux inférieurs. Il faut donc admettre que l'érosion a d'abord arrasé les terrains capables de fournir Fe, Al, Si et Mg.

Comme les gîtes lorrains ont pris naissance sous le climat chaud du lias, on peut imaginer que le complexe démoli comportait, à sa

Source : MNHN, Paris

partie supérieure, une cuirasse latéritique. Celle-ci a fourni en abondance le fer, l'alumine, le silicium à l'état colloïdal et le magnésium en vraie solution.

Après l'enlèvement de la cuirasse latéritique, l'érosion s'attaque à une zone où la décomposition des silicates est moins avancée. L'apport en Si, Fe, Al et Mg est relativement plus faible, mais l'épaisseur des assises affectées peut être plus considérable.

En résumé, les deux zones inférieures procèdent des mêmes éléments mais leur composition minéralogique diffère pour deux raisons. Ce sont, d'une part, le degré d'altération du continent érodé et d'autre part, les conditions physico-chimiques du bassin de sédimentation.

La zone supérieure accuse par rapport aux deux précédentes un changement essentiel. Il n'y subsiste pratiquement que l'hydroxyde ferrique et la calcite. La composition s'est simplifiée avec l'apport, l'érosion ayant atteint la roche fraîche où seul le fer est mis en mouvement. De plus, la calcite précipite abondamment dans les couches superficielles plus chaudes où le gaz carbonique est moins soluble.

Ces éléments transportés en solution ne renseignent pas suffisamment sur la nature des roches dont ils sont issus. Il faut également tenir compte des fragments clastiques, pour se faire une idée de la lithologie du continent érodé.

Le quartz, qui ne cesse d'arriver depuis le début du dépôt jusqu'à sa fin, le zircon, la tourmaline, le mica ainsi que les feldspaths alcalins et calco-alcalins, ne peuvent provenir que de roches acides.

On peut donc conclure que le bassin de sédimentation a été nourri par des matériaux provenant de l'usure d'une chaîne de montagnes dans laquelle dominaient les roches granodioritiques, latéritisées à leur partie supérieure.

RÉSUMÉ ET CONCLUSION.

L'histoire d'une formation éruptive pose au minéralogiste des problèmes difficiles. Il dispose, pour les résoudre, de la composition chimique et minéralogique des roches ou des gîtes étudiés. La connaissance des conditions géologiques lui sera également d'un précieux secours. Une grande incertitude subsiste, cependant, quant à la température, à la pression et aux autres propriétés physiques qui ont régné durant la mise en place de la formation.

Par contre, pour un dépôt sédimentaire, ces facteurs sont à peu près connus. Nous savons qu'il s'est élaboré dans un milieu aqueux dont la température ne dépassait pas une vingtaine de degrés, sous une pression déterminée par la masse d'eau recouvrant les couches en voie de formation.

D'une façon générale, on peut faire appel aux données de l'océanographie, l'eau des mers n'ayant pas subi de grandes variations au

Source : MNHN, Paris

cours des temps géologiques. D'autre part, les sédiments se construisent par accumulation de matériaux dans un bassin, de sorte que nous pouvons suivre leur extension depuis le fond vers le haut.

Or, les propriétés physiques et chimiques du milieu marin changent avec la profondeur, comme corollaire, le dépôt montrera lui-même des variations aux différents niveaux.

Les matériaux mis à contribution proviennent de l'eau de mer ou y sont amenés par les cours d'eau et l'apport terrigène imprime aux sédiments l'image inverse de la composition du continent érodé. En effet, les substances provenant de la zone supérieure continentale se déposent les premières, tandis que les couches récentes sont constituées par les zones profondes du massif arrasé.

En résumé, nous avons des changements verticaux, d'une part, dans la nature des éléments dissous dans l'eau, dans ses propriétés physiques et, d'autre part, dans les caractères minéralogiques de l'apport continental.

Mais dans un dépôt sédimentaire, les variations ne sont généralement pas continues, on y distingue une série de couches minéralogiquement différentes et la question se pose de savoir quels sont les facteurs qui donnent son individualité à chacune d'elles.

On pourrait envisager que la nature des éléments dissous dans l'eau de mer change brusquement, mais c'est plus probablement encore le cas de l'apport continental, fonction de la lithologie des terrains érodés.

Avec l'apport, les conditions physico-chimiques du milieu se modifient. Les éléments clastiques ne changent pas au cours du dépôt mais lorsqu'ils arrivent en grande quantité, ils influent sur le mécanisme de la sédimentation, celui-ci dépendant étroitement du volume du liquide disponible. Le rapport entre la masse inerte des éléments clastiques et la masse susceptible d'évoluer a une importance déterminante.

De même, la nature et la quantité des organismes a non seulement une influence sur la composition des roches dans lesquelles ils peuvent s'incorporer, mais aussi sur les conditions physico-chimiques du milieu. Pendant leur vie et après leur mort, lorsqu'ils se décomposent. ils provoquent des modifications notables, en particulier dans le rapport O/CO^2.

Si on veut envisager d'une manière très générale les roches sédimentaires, on a plus ou moins de chance de reconstituer leur histoire.

Pour les grès et les arkoses, formés presqu'exclusivement par des éléments clastiques, la seule question qui se pose au point de vue génétique est celle de leur consolidation, mécanisme d'ailleurs peu connu.

Pour une autre catégorie de sédiments de composition simple, comme certains calcaires, nous pouvons trouver une explication facile de leur genèse. C'est le cas des calcaires dûs à une cristallisation dans les eaux sursaturées en CO^3Ca.

Nous insisterons davantage sur une troisième catégorie, à laquelle appartiennent les minerais de fer oolithiques. Des précipitations chi-

Source : MNHN, Paris

miques, avec formation sur place des minéraux, y jouent le rôle essentiel et le problème de la consolidation se ramène, à nouveau, à un problème de cristallisation.

Or, la cristallisation postule des conditions particulières, notamment pour que les éléments puissent entrer en réaction, il est nécessaire qu'ils se trouvent dans le bassin en proportions déterminées, mais d'une façon générale, ils y sont amenés en quantités quelconques, de sorte qu'à un moment donné, il existe des corps en excès, souvent sous forme instable. Par conséquent, la partie déjà consolidée du dépôt représente une masse en équilibre au-dessus de laquelle l'eau contient des éléments en excès. Une migration de bas en haut se produit, en quelque sorte opposée au mouvement de haut en bas des matériaux qui remplissent le bassin.

Sans que les conditions physico-chimiques varient, grâce au changement de l'apport continental, les éléments éliminés peuvent trouver à un moment leur équilibre et une couche arrive au terme de son évolution et achève son histoire.

Dans d'autres circonstances, un changement brusque et considérable de l'apport crée des conditions qui ne sont plus conformes au développement de la couche en formation, avant même que les éléments éliminés par elle aient trouvé leur équilibre. Ils peuvent alors être pris en charge par le dépôt suivant, cas souvent réalisé dans les gîtes de fer.

Nous avons eu la chance d'étudier des formations qui montrent une structure très logique. Des changements progressifs de composition dans le milieu générateur y vont de pair avec des variations régulières des conditions physico-chimiques. La composition de la masse continentale se retrouve, en outre, en sens inverse dans le sédiment.

Nous avons, en dehors de cette structure de superposition, une structure concentrique dans chacun des niveaux.

Les minerais de fer sont constitués par des minéraux appartenant à trois familles, oxydes-hydroxydes, carbonates et silicates qui ont un élément commun, le fer. Nous admettons qu'il est apporté du continent par les cours d'eau sous forme de gels ferriques. Or, nous le trouvons, dans le dépôt, à des états d'oxydation différents et nous sommes conduits à distinguer trois zones dans le bassin lorrain.

Dans la zone inférieure prédominent les silicates ferreux et la sidérose.

Dans la zone supérieure le dépôt est formé principalement par la calcite et les hydroxydes de fer : stilpnosidérite et goethite.

Dans la zone moyenne, coexistent les silicates, la calcite, la sidérose, et les hydroxydes de fer auxquels s'ajoutent parfois l'hématite et la magnétite.

Ce schéma, qui montre l'évolution minéralogique du dépôt, a été établi sans qu'il ait été nécessaire de tenir compte de la structure oolithique. Si cette structure, que nous devions expliquer, semblait d'abord compliquer la tâche qui nous incombait, elle nous a permis, en réalité, de pénétrer plus avant dans le mécanisme de la formation du dépôt.

Source : MNHN, Paris

Nous allons considérer maintenant le degré de cristallinité des minéraux. Certains sont colloïdaux ou cryprocristallins, d'autres donnent des individus ou des agrégats largement cristallisés.

Les minerais de fer lorrains sont constitués par une gangue phylliteuse et carbonatée qui englobe des oolithes, des organismes et des fragments clastiques.

On a supposé que les oolithes se sont formées dans les couches superficielles des eaux marines agitées. Lorsqu'elles ont atteint leur taille définitive, par suite de leur poids, elles sont tombées au fond de l'eau où elles ont été incorporées dans un sédiment en voie de formation. Certains auteurs pensent même qu'elles ont pris naissance et achevé leur développement hors du bassin de sédimentation.

Contrairement à cette hypothèse de la dualité d'origine, nous avons admis que les oolithes et la gangue se forment simultanément dans un même milieu et au même niveau, par le mécanisme d'une sorte de différenciation.

Les éléments plus mobiles, gels et produits cryptocristallins, sont entraînés vers des centres d'attraction, tandis que les minéraux largement cristallisés résistent à ce mouvement.

Nous avons donc, d'une part, les oolithes caractérisées par une structure concentrique et, d'autre part, la gangue qui apparaît comme un agrégat lamellaire ou grenu.

A partir du noyau des oolithes se placent successivement des produits de plus en plus largement cristallisés.

Lorsque nous avons un minerai composé uniquement par une substance amorphe et un minéral cristallisé, par exmple la stilpnosidérite et la calcite, le passage des oolithes à la gangue est brusque aussi bien au point de vue chimique qu'au point de vue structural.

Par contre, lorsque le minerai est formé par des corps de cristallinité voisine ou, s'il existe dans le cas le plus complexe, en dehors des gels et des corps bien cristallisés, des produits cryptocristallins, la disposition concentrique des différents constituants s'étend à la gangue. L'oolithe apparaît comme un centre autour duquel les minéraux se déposent dans un certain ordre. D'ailleurs, on observe très souvent entre l'enveloppe corticale à structure concentrique et la gangue grenue, une disposition radiale des phyllites dont les lamelles se placent perpendiculairement à la surface de l'ovoïde.

Ainsi, la structure d'un minerai oolithique est déterminée par un certain antagonisme entre les processus de concentration et de cristallisation tributaires des conditions du milieu.

Dans un espace libre, tous les corps susceptibles d'être entraînés par le mouvement de convection seraient effectivement concentrés autour des noyaux, tandis que les cristaux formeraient des agrégats cohérents.

Mais lorsqu'il existe des obstacles, les mouvements provoqués par l'une et l'autre de ces forces sont entravés. La séparation des gels et des produits cristallins est incomplète, les oolithes sont moins nombreuses et la gangue ne montre pas l'agencement harmonieux d'un minerai oolithique parfait. C'est le cas des intercalaires.

Source : MNHN, Paris

C'est à des conclusions analogues aux nôtres qu'arrive A. Lacroix se basant également sur des considérations structurales [7]. Il rejette d'abord les théories faisant appel à des phénomènes d'epigénie, se disant « frappé de l'identité de structure que présentent (oolithes mises « à part), dans une même localité, les calcaires extrêmement riches » « en oolithes ferrugineuses, et ceux qui n'en renferment pas. »

« Cette identité me semble incompatible avec une transforma- » « tion aussi radicale que celle qui devrait être la conséquence de » « l'apport postérieur, par un procédé quelconque, de la quantité de » « fer nécessaire à la production des minerais oolithiques ».

« On comprend très bien que des calcaires puissent être épigé- » « nisés en bloc en produits ferrugineux mais l'élection du fer dans » « une partie seulement des éléments de la roche est plus difficile » « à concevoir ».

Puis il ajoute qu'« il n'est pas nécessaire d'admettre davantage » « l'existence d'eaux tourbillonantes pour expliquer la forme des ooli- » « thes ferrugineuses dans un sédiment en voie de formation ».

« M. Bleicher a en effet signalé leur existence dans les fines cavi- » « tés d'ossements fossiles ce qui implique une concrétion sur place » « sans mouvement, celle-ci peut être contemporaine de la consolida- » « tion du sédiment. J'accepte donc volontiers la contemporanéité de » « la formation des oolithes ferrugineuses et des calcaires qui les » « renferment », conclut à LACROIX.

Remplissage d'un bassin avec des matériaux amenés du continent, dépôt simultané des minéraux précipités directement de l'eau de mer, accumulation d'organismes morts, tels sont, dans les grandes lignes, les facteurs qui interviennent dans la formation des gîtes de fer lorrains. Ceux-ci apparaissent en dernière analyse comme une œuvre de la pesanteur.

Quant au processus de la sédimentation, il est essentiellement la recherche d'un équilibre entre des éléments d'origine et de propriétés différentes.

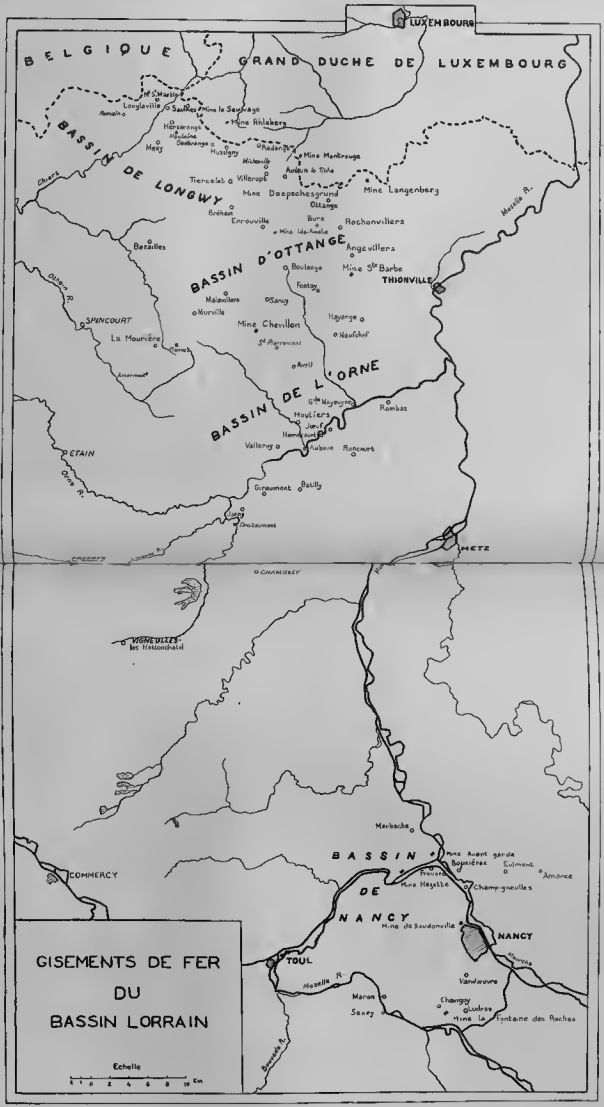
Certains d'entre eux, fragments clastiques et une partie des fossiles, ne subissent pas de changement dans le milieu générateur, tombés au fond, ils ont leur place assurée dans le dépôt.

D'autres éléments n'obéissent pas aussi passivement à la force de gravitation ; arrivés à l'état instable, ils réagissent entre eux et constituent différents minéraux dont la nature reflète à la fois la composition de l'apport continental et les conditions physico-chimiques du milieu.

En même temps que s'agglomérent les minéraux de la charpente cristalline, les produits colloïdaux sont entraînés vers des centres d'attraction et ainsi se forment les oolithes et la gangue.

Equilibre mécanique, équilibre chimique et équilibre physique déterminent la structure stratifiée et concentrique de ces sédiments.

Source : MNHN, Paris



GISEMENTS DE FER DU BASSIN LORRAIN

Source : M.Hirn, Nancy

EXPLICATION DE LA PLANCHE I.

Examen microscopique en lumière naturelle transmise.

Fig. 1. — *Hayange rouche brune.* — Grossissement 220. Inclusions de tourmaline dans le quartz.

Fig. 2. — *Auboué rourhe verte.* — Grossissement 80. Fragment de quartz clastique corrodé par la sidérose et entouré par un liséré silicaté.

Fig. 3. — *Moutaine interrataire jaune gris.* — Grossissement 220. Lamelle de chlorite dans la gangue carbonatée.

Fig. 4. — *Saulnes rourhe grise.* — Grossissement 220. Liséré silicaté à structure radiale autour des oolithes ferrugineuses.

EXPLICATION DE LA PLANCHE II.

Examen microscopique.

Fig. 5. — *Ottange III, courhe grise, orrident magnétique,* lumière naturelle réfléchie. Grossissement 70. Cristaux d'hématite (blancs) dans une oolithe en goethite.

Fig. 6. — *Maron Val de fer, conglomérat ferrugineux,* lumière naturelle réfléchie. Grossissement 70. Goethite concrétionnée.

Fig. 7. — *Maron Val de fer, ronglomérot ferrugineux,* lumière naturelle réfléchie. Grossissement 220. Pseudomorphose de calcite en goethite.

Fig. 8. — *Avant-Garde,* lumière transmise nicols croisés. — Grossissement 80. Cristaux automorphes de calcite dans la gangue silicatée.

Fig. 9. — *Audun-le-Tirhe, rourhe noire,* lumière transmise nicols croisés. — Grossissement 220. Fragment de microline maclé, quartz clastique.

EXPLICATION DE LA PLANCHE III.

Examen microscopique en lumière naturelle réfléchie.

Fig. 10. — *Hayonge courhe grise accident magnétique.* Grossissement 220. Cristaux de magnétite dans un agrégat carbonaté.

Fig. 11. — *Hayange rouche grise accident magnétique.* Grossissement 220. Oolithe silicatée dans laquelle se déposent les cristaux de magnétite.

Fig. 12. — *Pienne couche grise acrident magnétique.* Grossissement 220. Agrégats de cristaux de maguétite dans le ciment.

Fig. 13. — *Jarny rourhe grise, accident magnétique.* Grossissement 70. Magnétite remplissant les espaces interoolithiques.

Fig. 14. — *Ottange courhe grise, arrident magnétique.* Grossissement 220. Cristaux d'hématite dans le ciment calcaire.

EXPLICATION DE LA PLANCHE IV.

Examen microscopique en lumière transmise.

Fiig. 15. — *Moutaine couche grise.* Nicols croisés. Grussissement 220. Cristaux de franeolite entourés par la chlorite.

Fig. 16. — *Minerai d'Hazotte.* Grossissement 80. Fossile phosphaté agissant sur la lumière polarisée entre nicols croisés.

Fig. 17. — *Mont-Saint-Martin couche supérieure,* lumière naturelle. Grossissement 220. Masse phosphatée à texture concrétionnée.

Fig. 18. — *Moutaine, fragment d'os de plésiosaure.* Nicols croisés. Grossissement 60. Tissu formé par des fibres de dahlite.

Source : MNHN, Paris

EXPLICATION DE LA PLANCHE V.

Examen microscopique en lumière naturelle.

Fig. 19. — *Ottange couche grise, accident magnétique.* Grossissement 220. Agrégat fibreux de marcasite.

Fig. 20. — *Moulaine, fragment d'os de plésiosaure.* Grossissement 70. Cavité remplie par la galène.

Fig. 21. — *Moulaine, couche noire.* Grossissement 70. Pyrite dans la gangue et dans les oolithes.

Fig. 22. — *Giraumont, couche jaune.* Grossissement 70. A droite, cristal de blende dans un agrégat de calcite.

Fig. 23. — *Ottange, couche grise, accident magnétique.* Grossissement 80. Marcasite fibreuse dans agrégat de sidérose.

EXPLICATION DE LA PLANCHE VI.

Examen microscopique en lumière transmise. Grossissement 80.

Fig. 24. — *La Sauvage, couche rouge,* lumière naturelle. Oolithes ferrugineuses et fragments de quartz dans gangue calcaire.

Fig. 25. — *Ottange, couche grise,* lumière naturelle. Liséré silicaté autour des oolithes dans une gangue formée par une phyllite et la sidérose.

Fig. 26. — *Aubouë, couche verte,* lumière naturelle. Oolithes et gangue se confondent en une masse silicatée. On distingue des fragments de quartz (blanc) et des agrégats de sidérose en relief.

Fig. 27. — *Moulaine, intercalaire jaune gris.* Nicols croisés. La roche siliceuse et micacée englobe un fragment de plagioclase dont on aperçoit les macles polysynthétiques.

EXPLICATION DE LA PLANCHE VII.

Examen microscopique en lumière naturelle transmise. Grossissement 80.

Fig. 28. — *Sainte-Barbe, couche grise.* Remplacement de la sidérose par le silicate.

Fig. 29. — *Sainte-Barbe, couche grise.* Aspect d'un minerai magnétique en lumière transmise. Dans la gangue quelques cristaux remplacés à la périphérie par le silicate.

Fig. 30. — *Murville, au toit de la formation.* Oolithes calcaires et ferrugineuses, ces dernières plus petites sont d'un noir homogène.

Fig. 31. — *Sainte-Barbe, couche brune.* Ovoïdes silicatés, déformés et complétés par la calcite.

EXPLICATION DE LA PLANCHE VIII.

Examen microscopique en lumière naturelle transmise. Grossissement 80.

Pénétration de la sidérose dans les oolithes.

Fig. 32. — *Sainte-Barbe, couche brune.* Le carbonate se dispose en cristaux séparés dans la gangue et dans les oolithes.

Fig. 33. — *Sainte-Barbe, couche brune.* La sidérose du ciment pénètre en veinules dans les ovoïdes.

Fig. 34. — *Bazailles, marnes dans la couche jaune.* La zone corticale silicatée est en grande partie remplacée par le carbonate.

Fig. 35. — *Godbrange, intercalaire rouge gris.* L'analogie de la forme et des dimensions montre l'origine commune des cristaux dans le ciment et dans les oolithes.

Source : MNHN, Paris

BIBLIOGRAPHIE.

1. Cayeux. — Les minerais de fer oolithiques de France. Fascicules nos 1 et 2, Paris, 1909-1922.
2. J. Bichelonne et P. Angot. — Le bassin ferrifère de Lorraine. Nancy Strasbourg, 1939
3. S. Caillère et F. Kraut. — *Bull. Techn. des Mines de fer*, 1948, 4e trimestre, n° 13, p. 1-7.
4. J. Orcel, S. Hénin et S. Caillère. — *C. R Ac. Sci.*, T. 229, 1949, p. 134-135. S. Caillère, S. Hénin et J. Esquevin, *C. R. Acad. Sci.*, t. 233, 1951, p. 1633.
5. S. Caillère et F. Kraut. — Considération sur la genèse des minerais de fer lorrains. C. R. XIXe Congrès Géol. International d'Alger (sous presse) et *C. R. Acad. Sci.*, t. 236, 1952, p. 510.
6. A. Vatan. — La sédimentation continentale tertiaire dans le bassin de Paris méridional, Toulouse, 1947.
7. A. Lacroix. — Minéralogie de la France et de ses colonies Paris, 1901-1909, t. III, p. 380-383.

OUVRAGES A CONSULTER.

C. W. Correns. — Einführung in die Mineralogie, Berlin, 1949.
L. Deverin. — Etude pétrographique des minerais de fer oolithiques du Dogger des Alpes suisses, Lausanne, 1945.
J. H. Taylor. — Petrology of the Northampton Sand tronstone formation, Londres, 1945.

Source : MNHN, Paris

TABLE DES MATIÈRES.

Pages

INTRODUCTION 1

Ier CHAPITRE. — Les Minéraux. Les méthodes 4

1°) Minéraux autochtones 4
2°) Minéraux clastiques 9
3°) Remarques sur les méthodes utilisées 9

IIe CHAPITRE. - Région de Longwy-Briey 17

1°) Structure lithologique .....
A. - Couches minéralisées 17
B. Intercalaires 22

2°) Les gisements et la région de Longwy-Briey 26

A. — Bassin de Longwy .....
a) *Partie occidentale* .....
Mt-St-Martin 26
Romain 27
b) *Partie centrale* .....
Saulnes 29
Longlaville 30
La Sauvage 30
Ahleberg 33
Erserange 33
Moulaine 34
Mexy 37
Bazailles 38
c) *Partie orientale* .....
Godbrange 40
Hussigny 42
Francvallon 42
Redange 43
Micheville 44
Audun-le-Tiche 48
Villerupt 53
Tiercelet 53
Bréhain 54

Source : MNHN, Paris

Pages

B. — Bassin d'Ottange .....
a) *Partie ouest* .....
Montrouge 55
Ida-Amélie 57
Errouville 58
Murville 59
Landres 62
Pienne 62
La Mourière 64
Amermont 65
b) *Partie est* .....
Ottange I 67
Ottange II 68
Ottange III 69
Doepschesgrund 72
Langenberg 75
Bure 75
Rochonvillers 76
Angevillers 77
Sainte-Barbe 78
Boulange 80
Fontoy 82
Sancy 83
Chevillon 84
Malaviller 84
St-Pierremont 84
Bois-d'Avril 85

C. — Bassin de l'Orne .....
a) *Partie nord* .....
Hayange 87
Neufchef 89
Moyeuvre 91
Joeuf 92
Homécourt 93
Moutiers 94
Vatleroy 95
b) *Partie sud* .....
Rombas 98
Roncourt 99
Auboué-Moineville 100
Giraumont 104
Jarny 108
Droitaumont 109

Source : MNHN, Paris

Pages

III^e^ CHAPITRE. — Région de Nancy 110

1°) Généralités 110

2°) Les gisements de la région de Nancy 111

a) *Partie nord* .....

Marbache 111

Avant-Garde, Hazotte 112

Bouxières 112

Eulmont 112

Amance 113

b) *Partie sud* .....

Frouard 113

Champigneulles 114

Boudonville 114

Maron-Val-de-Fer 116

La Fontaine-des-Roches 123

Chavigny-Vandœuvre 123

Ludres 123

Sexey 124

IV^e^ CHAPITRE. — Considérations sur la genèse des minerais de fer oolithiques lorrains 125

1°) Région de Longwy-Briey .....

A Principes généraux 125

B. Accidents magnétiques 129

C. — Histoire des couches minéralisées 131

a) Minerais de la zone inférieure 131

b) Minerais de la zone moyenne 135

c) Minerais de la zone supérieure 142

D. — Sur l'origine et l'évolution des intercalaires..... 145

E. Changement de la composition minéralogique au passage d'une couche à la couche suivante..... 153

F. — Répartition de la sidérose 154

2°) Région de Nancy 158

3°) Quelques considérations sur la structure des minerais lorrains 161

4°) Que peut-on penser des formations géologiques continentales qui ont contribué à l'édification du dépôt ferrifère de Lorraine 162

Résumé et conclusions 163

Source : MNHN, Paris

Achevé d'imprimer le 12 février 1954.

Imprimé en France. *Le Gérant :* René Jeannel.

Imp. Maurice Declume, Lons-le-Saunier. — 1362-53-375.
Février 1954. « Dépôt légal 1er trimestre 1954 — n° 4243 ».

Source : MNHN, Paris

1

2

3

4

LES GISEMENTS DE FER DU BASSIN LORRAIN.

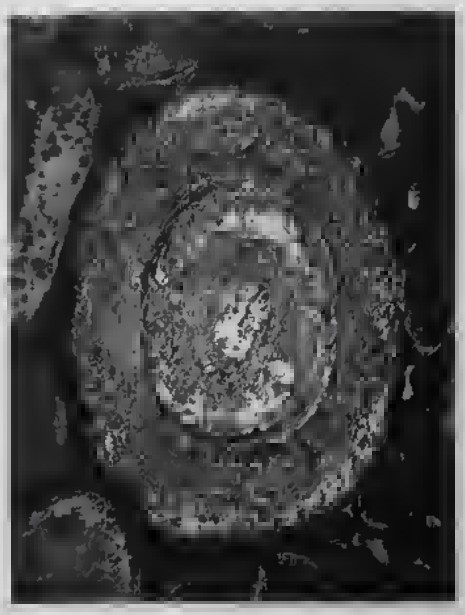
BIBL DU MUSEUM D'HIST. NAT. METZ

A. Barry imp.

S. Caillère et F. Kraut, phot.

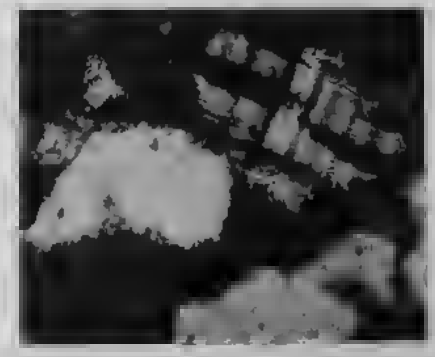
Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris



5

6



9

8

7

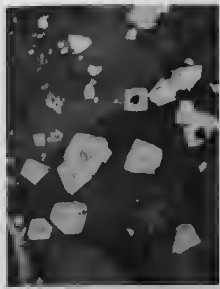
LES GISEMENTS DE FER DU BASSIN LORRAIN.

MUSEUM

A. Barry imp.

S. Caillère et F. Kraut phot.
Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris



10

11

14

13

12

LES GISEMENTS DE FER DU BASSIN LORRAIN.

A. Barry imp.

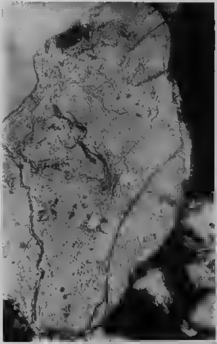
S. Caillère et F. Kraut phot.

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

15

16



17

18

LES GISEMENTS DE FER DU BASSIN LORRAIN.

A. Barry imp.

S. [illegible], Paris

Source : MNHN, Paris

19

20

21

22

23

LES GISEMENTS DE FER DU BASSIN LORRAIN.

BIBL. DU MUSEUM D'HIST. NATUR.

A. Barry imp.

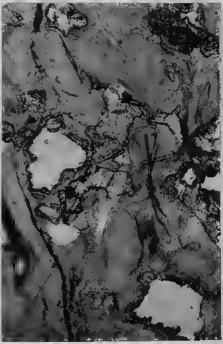
S. Caillère et F. Kraut phot.

Source : MNHN, Paris

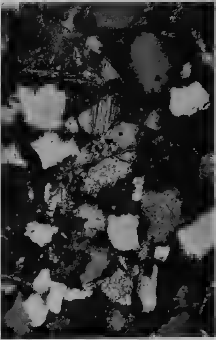
Source : MNHN, Paris

24

25



26

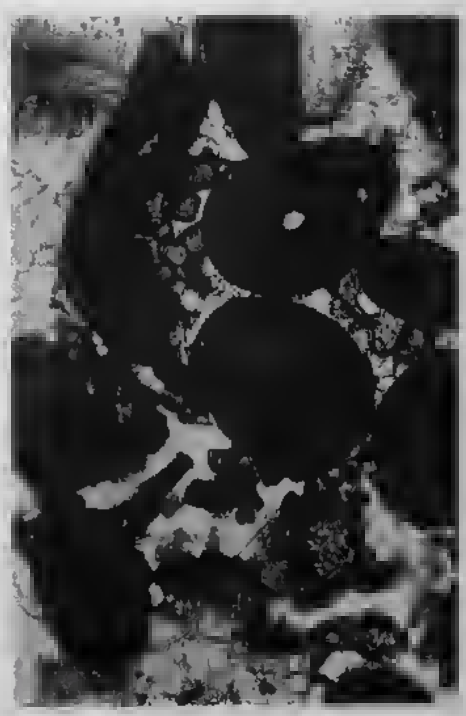


27

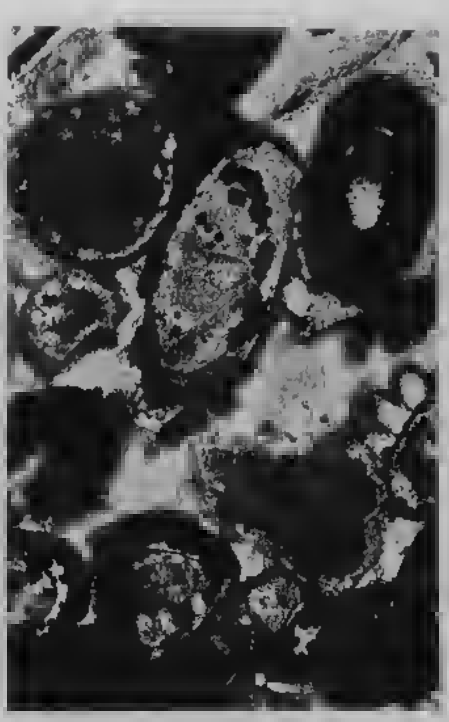
LES GISEMENTS DE FER DU BASSIN LORRAIN.

A. Barry imp.
S. Caillère et F. Kraut phot.
Source : MNHN, Paris

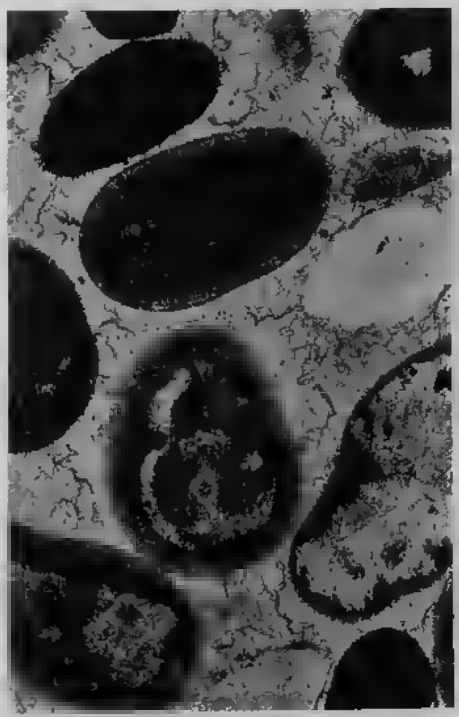
Source : MNHN, Paris



28



29



30

31

LES GISEMENTS DE FER DU BASSIN LORRAIN.

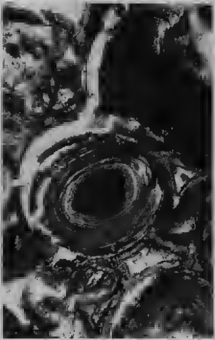
A. Barry imp.

S. Caillère et F. Kraut phot.

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

32



33

34

35

LES GISEMENTS DE FER DU BASSIN LORRAIN.

A. Barry imp. S. Callot phot.

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris